

HISTOIRE

DES

PRINCIPALES DÉCOUVERTES

SCIENTIFIQUES MODERNES,

PAR

LOUIS FIGUIER,

Docteur ès-sciences.

TOME TROISIÈME.

BRUXELLES.

DELEVINGNE ET CALLEWAERT, IMPRIMEURS-ÉDITEURS,

Chaussée d'Ixelles, 90.

1854



HISTOIRE

DES

PRINCIPALES DÉCOUVERTES

SCIENTIFIQUES MODERNES.



Imprimerie de Delevingne et Callewaert

HISTOIRE

DES

PRINCIPALES DÉCOUVERTES

SCIENTIFIQUES MODERNES,

PAR

LOUIS FIGUIER,
Docteur ès-sciences.

TOME TROISIÈME.



BRUXELLES.
MELINE, CANS ET COMPAGNIE.
LIVOURNE. | LEIPZIG.
MÊME MAISON. | J. P. MELINE.

1852

LES BATEAUX A VAPEUR.

CHAPITRE PREMIER.

Premiers essais de navigation par la vapeur exécutés en France par le marquis de Jouffroy. — Expériences sur le Doubs avec l'appareil palmipède. — Les bateaux à roues. — Expériences faites à Lyon avec le bateau à roues du marquis de Jouffroy.

Vers la fin de l'année 1775, un jeune gentilhomme de la Franche-Comté, le marquis Claude Jouffroy d'Abbans, vint pour la première fois à Paris. Il arrivait de Provence où l'avait exilé pendant deux ans une lettre de cachet sollicitée par sa famille à la suite d'une affaire d'honneur qu'il avait eue avec le colonel de son régiment. Le jeune officier avait consacré les loisirs de son exil à réunir les matériaux d'un ouvrage sur les galères à rames. Depuis que l'Académie des sciences avait mis au concours, en 1753, la question des *moyens de suppléer à l'action du vent*, et couronné le mémoire présenté sur ce sujet par Daniel Bernouilli, on s'occupait en France, avec beaucoup d'ardeur, des

perfectionnements à introduire dans les procédés de navigation anciennement en usage. M. de Jouffroy avait abordé le genre de recherches qui avait alors le privilége de fixer d'une manière exclusive l'attention des savants. Pendant le cours de ces études, il fut frappé de cette idée, que la machine à vapeur pourrait s'appliquer avec avantage à la propulsion des navires. Cette pensée n'avait rien d'ailleurs que de parfaitement simple, elle s'était déjà présentée à l'esprit de la plupart des mécaniciens de cette époque. La machine de Watt, alors consacrée, en Angleterre, à l'épuisement de l'eau dans les mines, constituait un moteur d'une puissance extraordinaire, et tout le monde comprenait que ce nouvel agent était de nature à recevoir bientôt un grand nombre d'applications nouvelles. En étudiant avec attention les divers éléments théoriques et pratiques relatifs à la marche des vaisseaux, le marquis de Jouffroy n'avait pas tardé à se convaincre que l'application de la vapeur à la navigation était loin d'offrir des obstacles insurmontables. Mais l'élément essentiel manquait à ses calculs, car la machine à vapeur était encore fort peu connue parmi nous. Uniquement employée en Angleterre dans les mines de houille, surveillée d'ailleurs avec un soin jaloux chez cette nation, désireuse de jouir exclusivement de ses avantages, la merveilleuse machine n'avait pas encore passé le détroit.

Précisément à l'époque où le marquis de Jouffroy, revenant de son exil, entrait dans la capitale, impatient de recueillir sur la machine à vapeur les renseignements qui lui manquaient, les frères Perrier s'occupaient d'établir la pompe à feu de Chaillot qui

n'était, comme on l'a vu dans l'histoire de la machine à vapeur, qu'une imitation de la machine de Watt à simple effet. La pompe à feu des frères Perrier était alors, pour les Parisiens, le sujet d'une vive et juste curiosité; la foule ne se lassait pas d'aller contempler son jeu si admirable et si simple. A peine débarqué, le marquis de Jouffroy, sans donner un regard aux merveilles de la capitale qu'il voyait pour la première fois, courait à Chaillot pour se mêler à la foule des visiteurs, et tandis que le mécanisme de l'appareil n'était pour le reste des assistants que l'objet d'une curiosité stérile, il devenait pour lui le texte des plus fructueuses études. Il ne tarda pas à obtenir des frères Perrier la faveur d'une entrée particulière, et il put observer tout à loisir les détails de la machine et le jeu de ses divers organes. L'examen approfondi auquel il se livra ainsi lui montra toute la certitude de ses vues, et dès lors la possibilité de réaliser le projet qu'il avait conçu éclata avec évidence dans son esprit et l'occupa tout entier.

Quelques détails rapides vont faire comprendre comment la machine installée à Chaillot, ou la machine de Watt à simple effet, pouvait, dans une certaine mesure, donner les moyens de créer la navigation par la vapeur, et de triompher des obstacles qui jusqu'à ce moment avaient arrêté les mécaniciens dans l'exécution de cette grande pensée.

L'idée d'appliquer la vapeur à la navigation s'était présentée à l'esprit de la plupart des mécaniciens qui avaient été témoins de ses effets. Lorsque Papin proposa sa machine atmosphérique, il insista particulièrement sur l'application que l'on pourrait en faire

à la propulsion des bateaux. Les personnes qui ont pris la peine de lire, dans les notes de cet ouvrage, le texte entier de son mémoire, ont vu que l'illustre physicien y parle surtout des avantages que l'on pourrait retirer de son appareil pour « naviguer contre le vent, » et qu'il propose un mécanisme ingénieux destiné à transmettre la puissance motrice à deux roues placées sur les côtés du bâtiment. Ajoutons que lorsqu'il eut construit le modèle de sa seconde machine à vapeur, Papin se hâta de l'appliquer, comme agent de propulsion, à un petit bateau muni de roues; on a vu, dans l'histoire de sa vie, quel concours de circonstances l'empêcha de réussir dans cet important essai. Faisons remarquer toutefois que les dispositions absolument vicieuses de sa machine à vapeur hydraulique, et l'imperfection de son appareil mécanique, devaient lui rendre tout succès impossible.

La machine de Newcomen commençait à peine à se répandre dans les comtés houillers de l'Angleterre, qu'un mécanicien de ce pays, nommé Jonathan Hulls, proposait de s'en servir pour remorquer les navires à l'entrée ou à la sortie des ports. En disposant une manivelle à l'extrémité du balancier de la machine de Newcomen, il transformait le mouvement de va-et-vient du piston en un mouvement de rotation qui se transmettait à la roue à palettes d'un bateau remorqueur[1]. Jonathan Hulls obtint un brevet pour cette

[1] La description de l'appareil de Jonathan Hulls se trouve dans un ouvrage devenu fort rare en Angleterre, intitulé : *Description, avec planches, d'une nouvelle machine servant à faire sortir les bateaux ou navires des ports ou des rivières, ou à*

application de la machine de Newcomen, mais l'amirauté anglaise repoussa son projet. En cela, disons-le, l'amirauté faisait justice d'un plan inexécutable et sans valeur. Si l'on s'en rapporte aux dessins qui nous restent, le bateau de Jonathan Hulls était de la disposition la plus grossière; il ne portait qu'une seule roue qui, fixée à l'arrière, était mise en mouvement par une machine de Newcomen à l'aide de cordes et de poulies; il ne présentait ni mâts ni voiles, et l'on ne voyait sur le pont que le long tuyau de tôle servant de cheminée à sa chaudière. Ce n'était donc qu'un simple remorqueur dans lequel la machine à vapeur remplaçait le cabestan et le câble. Mais la machine de Newcomen ne pouvait produire commodément un mouvement de rotation, et l'irrégularité de son action mécanique, autant que la quantité considérable de charbon qu'il aurait fallu prendre à bord du remorqueur pour alimenter la chaudière, rendait impraticable le projet de Jonathan Hulls, qui ne tarda pas à tomber dans l'oubli.

On ne peut juger avec plus de faveur les idées de l'abbé Gauthier, chanoine régulier de Nancy, qui proposa, en 1753, d'appliquer aux bateaux à rames la pompe à feu de Newcomen. Lorsque l'Académie des sciences de Paris eut mis au concours la question des *moyens de suppléer à l'action du vent*, elle reçut, avec le travail de Bernouilli, quelques autres mémoires de divers physiciens, parmi lesquels figuraient Euler, Mathon de Lacour et l'abbé Gauthier. Ce dernier se

les y faire entrer contre vent et marée comme en temps calme, par Jonathan Hulls. Londres, 1737.

prononça en faveur de la machine de Newcomen, qu'il appliquait à faire mouvoir des roues à palettes. Mais le défaut du mécanisme qu'il proposait pour la transmission du mouvement, l'irrégularité extrême du travail du balancier dans la machine atmosphérique, enfin la quantité énorme de combustible qu'elle consume, ôtent toute espèce de valeur au projet de l'abbé Gauthier, qui n'était d'ailleurs que la reproduction de celui de Jonathan Hulls[1]. Dans son mémoire couronné par l'Académie, Bernouilli traita plus judicieusement la même question; il prouva que la force de la poudre à canon et celle de l'eau bouillante, au moins dans les machines connues de son temps, ne pouvaient l'emporter en rien sur les effets des rames[2]. Il montra, par le calcul, qu'une machine à vapeur, telle que la grande machine de Newcomen qui servait à Londres à l'élévation des eaux, et qui était d'une force de 20 à 25 chevaux, ne pourrait faire parcourir à un vaisseau, quelque moyen que l'on mît en usage pour la transmission de la force, que la faible vitesse de 1m,2 par seconde, c'est-à-dire un peu plus de 2 nœuds.

Les imperfections inhérentes à la machine de Newcomen rendaient donc son emploi impossible à bord des navires. Cependant les défauts de cette forme primitive de la machine à vapeur étaient destinés à disparaître bientôt, et avec eux devaient s'évanouir

[1] Le travail de l'abbé Gauthier a été imprimé, en 1754, dans le tome III des *Mémoires de la Société royale des sciences de Nancy*.

[2] *Recueil des pièces qui ont remporté les prix de l'Académie*, t. VII, p. 94 et suivantes.

les obstacles qui empêchaient de l'approprier aux usages de la navigation. Aussi lorsque Watt, créant vers 1770 la machine à simple effet, parvint à ce résultat admirable de diminuer des trois quarts la dépense du combustible, tout en augmentant l'intensité de l'action motrice, l'illustre ingénieur fit avancer d'un pas immense la question de la navigation par la vapeur. En diminuant les dimensions de l'énorme machine de Newcomen, en rendant plus égal, plus régulier et plus doux le jeu du balancier, il ajoutait autant d'éléments nouveaux à la solution du problème qui commençait alors à occuper un certain nombre de mécaniciens éclairés.

Telles sont les considérations qui durent frapper l'ardent et judicieux esprit du marquis de Jouffroy, lorsqu'il lui fut donné de connaître et d'étudier, dans les ateliers de Chaillot, la machine de Watt que les frères Perrier avaient importée de Birmingham. Dès ce moment, ne conservant plus de doutes sur la possibilité pratique de la navigation par la vapeur, il ne s'occupa plus que des moyens de mettre ses idées à exécution.

M. de Jouffroy avait eu l'occasion de rencontrer à Paris deux de ses compatriotes, le comte d'Auxiron et le marquis Ducrest, engagés comme lui dans la carrière militaire et dans celle des sciences; cette conformité de situation et de goûts n'avait pas tardé à les rapprocher tous les trois. Le comte d'Auxiron, capitaine dans un régiment d'artillerie, avait fini par abandonner son emploi, pour s'adonner tout entier aux études mécaniques, et s'il faut en croire M. de Montgery, dès l'année 1774, il aurait lancé sur la

Seine, en face du Champ-de-Mars, un petit bateau voguant par la vapeur, essai qui ne réussit point par suite de l'insuffisance de la force motrice employée [1]. Ducrest était plus particulièrement en mesure de servir les projets du jeune Jouffroy. Colonel en second au régiment d'Auvergne, frère de madame de Genlis, le marquis Ducrest était un des hommes les plus répandus dans la société, du temps de Louis XVI; il tenait à tout et s'occupait de tout. Il s'était consacré avec succès à l'étude des sciences exactes, car il a écrit, sur la mécanique appliquée, un ouvrage qui lui ouvrit les portes de l'Académie des sciences; il était versé dans les questions de politique et de finance, il a même publié sur ce sujet divers mémoires, qui, pour avoir excité la verve satirique de Grimm, n'en ont peut-être pas moins de valeur. M. de Jouffroy ne pouvait rencontrer de protecteur plus utile à ses desseins que cet actif et remuant personnage, dont l'imagination s'allumait au contact de chaque idée nouvelle. Grâce à son zèle et à ses démarches, le projet de navigation par la vapeur du gentilhomme franc-comtois ne tarda pas à être connu de tout ce que Paris renfermait d'hommes distingués dans les sciences, et bientôt une société financière se montra disposée à le mettre en œuvre.

Une réunion fut tenue chez le marquis Ducrest, à l'effet de s'entendre sur les moyens d'exécution. Parmi les personnes qui figuraient dans cette petite assemblée, on remarquait Constantin Perrier, le comte d'Auxiron et le maréchal de camp Follenay. On

[1] *Annales de l'industrie nationale et étrangère*, t. VIII, p. 297.

tomba d'accord sur l'idée d'essayer le nouveau mode de navigation, mais on se divisa lorsqu'il fut question des moyens de le mettre en pratique. Perrier présenta un projet qui différait de celui de M. de Jouffroy, tant par le mécanisme à adapter au bateau, que par la considération des résistances à vaincre et de la force à employer. Il avait calculé ces éléments d'après l'expérience d'un bateau remorqué par des chevaux sur un chemin de halage. M. de Jouffroy prétendait qu'il fallait considérer la résistance comme trois fois plus forte, dès qu'on prenait le point d'appui sur l'eau, au lieu de le prendre sur la terre. La meilleure appréciation était évidemment du côté de M. de Jouffroy, qui se plaçait encore au-dessous de la vérité. Aussi le comte d'Auxiron, plus familiarisé avec cette question par une expérience antérieure, se rallia-t-il à son projet; M. de Follenay suivit cet exemple, mais Ducrest se prononça en faveur des idées de Perrier. Jeune et sans notabilité, M. de Jouffroy dut laisser le champ libre au célèbre mécanicien dont l'expérience et les talents faisaient autorité dans le monde des arts. Le plan de Perrier obtint donc la préférence, et l'on décida que le bateau à construire serait exécuté d'après ses vues. Ce ne fut pas cependant sans une vive opposition de la part des dissidents. Le comte d'Auxiron, qui se mourait sur ces entrefaites, écrivait à M. de Jouffroy, à ses derniers moments : « Courage, mon ami! vous seul êtes dans le vrai. » Et M. de Follenay, enthousiaste de l'invention, colportait partout une souscription pour réunir les moyens de mettre en pratique le plan du marquis de Jouffroy.

L'exécution du projet de Perrier ne tarda pas à justifier les craintes et les critiques qu'il avait suscitées dès le début. On en fit l'expérience sur la Seine, avec un petit bateau que Perrier avait loué, et une machine de Watt à simple effet, qui n'était d'aucun usage dans ses ateliers. Par suite de ses calculs inexacts sur les résistances à vaincre, Perrier avait été amené à donner au moteur la seule force d'un cheval, le cylindre de sa machine à vapeur n'avait que 8 pouces de diamètre; il en résulta que le bateau put à peine surmonter l'effort du faible courant de la Seine [1]. La compagnie aux frais de laquelle l'expérience s'exécutait abandonna immédiatement l'entreprise.

Cependant le marquis de Jouffroy était retourné dans sa province, plein de confiance dans la certitude de ses idées et impatient de mettre à exécution le plan qu'il avait conçu. Il y a dans la Franche-Comté, à cent lieues de Paris, entre Montbéliard et Besançon, une très-petite ville nommée Baume-les-Dames, assise sur la rive droite du Doubs; c'est là que le hardi inventeur entreprit de réaliser le projet qui venait d'échouer entre les mains du plus riche et du plus habile manufacturier de la capitale. Ce n'était pas une pensée sans courage que de tenter l'exécution d'un projet de ce genre au fond d'une province reculée et dans un lieu dénué de toute espèce de ressources de fabrication. A une époque où l'art de construire les machines à vapeur était parmi nous à peine dans son enfance, il était impossible de songer à se procurer

[1] Ducrest, *Essai sur les machines hydrauliques*, p. 151.

dans la Franche-Comté un cylindre alésé et fondu ; il n'y avait à Baume-les-Dames qu'un simple chaudronnier : c'est à lui que M. de Jouffroy s'adressa pour construire le cylindre de sa machine. Ce cylindre, ouvrage d'art et de grande patience, était fait de cuivre battu ; il était poli au marteau à l'intérieur, le dehors était soutenu par des bandes de fer reliées par des anneaux de même métal ; il ressemblait assez aux canons de bois fortifiés par des cercles métalliques dont on fit usage dans les premiers temps de l'artillerie.

Le bateau qui fut construit sur les bords du Doubs n'avait pas de grandes dimensions ; il n'était long que de quarante pieds sur six de large. Quant à l'appareil moteur destiné à tenir lieu de rames, il mérite une description particulière.

Un ecclésiastique du canton de Berne, nommé Genevois, fit le premier, en 1759, l'essai de l'appareil moteur propre à remplacer les rames, que l'on désigne communément sous le nom de système *palmipède*. Cet appareil consiste en une sorte de palme qui, comme le pied des oiseaux aquatiques, s'ouvre en s'appuyant sur l'eau pour imprimer un mouvement de progression en avant et se referme quand cet effet a été produit. C'est un moteur de ce genre qu'adopta M. de Jouffroy. Des deux côtés de son bateau sortaient deux tiges de huit pieds de longueur, portant à leur extrémité une sorte de châssis formé de deux volets mobiles comme nos persiennes et plongeant de dix-huit pouces dans l'eau ; ce châssis décrivait un arc de trois pieds de corde et de huit pieds de rayon. Une machine de Watt à simple effet, installée au milieu du bateau, mettait en action ces rames articulées. Le mé-

canisme destiné à leur transmettre le mouvement se composait simplement d'une chaîne de fer attachée au piston, et qui s'enroulait sur une poulie pour venir se fixer à la tige du châssis. Lorsque la vapeur, introduite dans le cylindre, soulevait le piston, un contre-poids placé à l'extrémité du châssis ramenait celui-ci vers l'avant du bateau, et dans ce mouvement, les volets se refermaient d'eux-mêmes par suite de la résistance du liquide. La condensation de la vapeur ayant opéré le vide dans l'intérieur du cylindre, la pression atmosphérique entraînait le piston jusqu'au bas de sa course, et par suite de la traction de la chaîne attachée au piston, la rame se trouvait ramenée avec force contre les flancs du bateau, tandis que les volets mobiles s'ouvraient de manière à offrir toute leur surface à la résistance du fluide. Il est bon de remarquer ici que le système palmipède adopté par M. de Jouffroy était le seul qui pût permettre d'appliquer avec quelque avantage la machine à simple effet à la propulsion des bateaux, car ce genre de machine ne produit d'effet utile que pendant la chute du piston; aucune action mécanique n'a lieu, comme on le sait, lorsque le piston remonte. Le contre-poids attaché à l'extrémité du châssis plongeant dans l'eau était l'analogue du contre-poids qui, comme on l'a vu (p. 59 du 2[me] volume), se trouve fixé à l'extrémité du balancier, pour le soulever quand le piston est parvenu au bas de sa course. Le procédé adopté par M. de Jouffroy était donc le moyen le plus ingénieux et le plus simple de tirer parti de la machine à vapeur telle qu'elle existait à cette époque.

Le petit bateau du marquis de Jouffroy navigua sur

le Doubs pendant les mois de juin et de juillet de l'année 1776. Ces expériences suffirent pour faire reconnaître le vice du système palmipède. Une fois ramenés à l'avant du bateau, les volets à charnières, tirés par la chaîne du piston, devaient s'ouvrir d'eux-mêmes par suite de la résistance du liquide. Au départ ou quand la vitesse était médiocre, ils s'ouvraient en effet, sans difficulté, mais lorsque le bateau avait acquis une certaine vitesse, la rapidité du courant les empêchait de se rouvrir. Cet inconvénient était surtout prononcé quand on remontait le cours de la rivière, en descendant il ne se manifestait que plus tard. Un tel défaut, il faut le dire, était loin d'être sans remède, et de nos jours le plus médiocre mécanicien eût trouvé moyen de l'annuler, en armant les volets de quelque pièce mécanique qui les forçât de se développer au moment utile, et sans qu'il fût nécessaire de compter, pour réaliser cet effet, sur la résistance de l'eau. Mais des procédés d'exécution qui ne seraient qu'un jeu pour les mécaniciens de notre époque apparaissent alors comme des problèmes insolubles. M. de Jouffroy recula devant cette difficulté insignifiante; au lieu de chercher à perfectionner le mécanisme de ses rames palmées, il abandonna entièrement ce système pour adopter celui des roues à aubes ou à palettes.

L'application des roues à aubes à la navigation était loin de constituer une idée nouvelle. La pensée de réunir sur une roue un certain nombre de rames, afin d'obtenir un emploi plus commode de la force motrice, remonte jusqu'à l'antiquité. Les roues à palettes sont au nombre des machines très-anciennes dont

Vitruve ne connaissait pas l'inventeur [1]. Il existe des médailles romaines qui représentent des navires de guerre (*liburnes*) armés de trois paires de roues mues par des bœufs, et Pancirolle, professeur de Padoue, qui en parle en 1587, prétend qu'elles surpassaient en vitesse les meilleures trirèmes [2]. D'après un manuscrit cité par M. de Montgery, il y aurait eu des roues à aubes traînées par des bœufs à bord des radeaux qui transportèrent les Romains en Sicile, pendant la première guerre punique [3]. Un écrivain militaire du XVe siècle, Robert Valturius, fait aussi mention de la substitution des roues à aubes aux rames ordinaires; il donne, dans son ouvrage, les dessins grossièrement gravés de deux bateaux munis de petites roues en forme d'étoile, et composées de l'assemblage de quatre rayons placés en croix réunis à un centre commun [4]. Enfin le petit bateau à vapeur que Papin construisit en 1707 pour essayer de descendre le Weser naviguait à l'aide de rames tournantes, dont Papin avait emprunté l'idée à un petit bateau de plaisir ap-

[1] *Pollioni Vitruvii architectura*, lib. x, cap. 9 et 10 (*De organorum ad aquam hauriendam generibus*).

[2] « Vidi etiam effigiem navium quarundam, quas Liburnas dicunt : quæ ab utroque latere extrinsecus tres habebant rotas, aquam attingentes : quarum quælibet octo constabat radiis, manus palmo è rota prominentibus : intrinsecus vero sex boves machinam quandam circumagendo, rotas illas incitabant : et radii aquam retrorsum pellentes, Liburnam tanto impetu ad cursum propellebant, ut nulla triremis ei posset resistere. » (*Guidonis Pancirolli res memorabiles, sive deperditæ, commentaris illustratæ ab Henrico Salmuth*, pars. I, p. 127.)

[3] *Annales de l'industrie*, t. VIII, p. 294.

[4] Robertus Valturius, *De re militari*, lib. XI, cap. 12.

partenant au prince Rupert, qu'il avait vu fonctionner à Londres. Un mécanicien, nommé Du Quet, avait fait, à Marseille et au Havre, de 1687 à 1693, un grand nombre d'essais avec des rames tournantes, composées chacune de quatre rames courtes et larges, opposées deux à deux et placées en croix [1]. Ces expériences avaient produit en France beaucoup d'impression, et cette idée ne tarda pas à y être poursuivie. Le comte de Saxe présenta, en 1732, à l'Académie des sciences de Paris, le plan très-bien conçu d'un bateau remorqueur ayant de chaque côté une roue à aubes que faisait tourner un manége de quatre chevaux. « Ces roues, dit le comte de Saxe, faisant le même effet que les rames perpendiculaires, il s'ensuivra que la machine remontera contre un courant, et tirera après elle le bateau proposé [2]. » C'est à la suite de ce travail du comte de Saxe que l'Académie des sciences avait été amenée à mettre au concours la question des moyens de suppléer à l'action du vent.

L'emploi des roues à palettes dans la navigation n'avait donc rien de neuf dans son principe, mais la difficulté consistait à les faire mouvoir par l'action de la machine à simple effet. Cette difficulté était considérable, en ce que cette machine, n'agissant que par intervalles, ne se prêtait qu'avec beaucoup de peine à produire un mouvement de rotation. On peut même dire que cette transformation du mouvement n'était

[1] *Machines et inventions approuvées par l'Académie royale des sciences*, t. I, p. 173 et suiv.

[2] *Machines et inventions approuvées par l'Académie royale des sciences*, t. VI, p. 41.

point réalisable avec les conditions de régularité qu'il importait d'atteindre, et ce fut l'erreur du marquis de Jouffroy d'abandonner le système palmipède, qui s'accommodait assez bien de la machine à simple effet, pour y substituer les roues à aubes. Cependant les moyens qu'il mit en usage pour atteindre ce but étaient aussi parfaits qu'ils pouvaient l'être à cette époque, et l'ingénieuse disposition qu'il adopta mérite d'être connue.

La machine à vapeur de M. de Jouffroy était composée de deux cylindres. Au piston de chacun d'eux était fixé un anneau qui portait une chaîne de fer flexible, et les deux chaînes partant de chaque piston venaient s'enrouler sur un arbre unique destiné à faire tourner les roues. Les deux cylindres étaient placés l'un près de l'autre avec un certain degré d'inclinaison, et ils communiquaient entre eux à l'aide d'un large tube qu'une lame métallique, ou comme on le dit aujourd'hui, un *tiroir*, pouvait parcourir, de manière à introduire la vapeur, selon son déplacement, dans l'un ou l'autre des deux cylindres. Le procédé employé pour transmettre aux roues du bateau le mouvement d'oscillation des deux pistons, était presque identique avec celui que Papin avait proposé pour le même objet en 1690, dans le mémoire que nous avons eu tant d'occasions de citer. M. de Jouffroy se servait d'une double crémaillère à rochets, qui agissait constamment sur une partie cannelée de l'arbre des roues; les rochets supérieurs cédaient lorsque les rochets inférieurs poussaient, ce qui imprimait à l'arbre un mouvement de rotation continu.

La machine à vapeur qui mettait en jeu ce méca-

nisme présentait des dimensions considérables, puisque le piston avait vingt et un pouces de diamètre et une course de cinq pieds. Elle fut construite à Lyon en 1780, dans les ateliers de MM. Frères-Jean. Le bateau qui devait la recevoir offrait aussi de très-grandes proportions. Il avait quarante-six mètres de long sur cinq de large; il atteignait donc à peu près les dimensions ordinaires des bateaux à vapeur qui naviguent aujourd'hui sur le Rhône ou le Rhin. Les roues de ce bateau avaient quatorze pieds de diamètre, les aubes étaient de six pieds de longueur et plongeaient à deux pieds dans la rivière. Le tirant d'eau du bateau était de trois pieds et son poids total de 327 milliers, 27 pour le navire et 300 de charge. C'est dans la ville même de Lyon, sur les eaux de la Saône, que le marquis de Jouffroy exécuta les intéressants essais de ce premier pyroscaphe. Le courant très-faible de cette rivière, que César nomme pour cette raison *lentissimus Arar*, convenait parfaitement pour des expériences de ce genre.

Le succès de ces expériences fut d'ailleurs complet. De Lyon à l'île Barbe le courant fut remonté plusieurs fois, en présence de milliers de témoins, étonnés de voir cet énorme bateau se mouvoir sur la rivière sans qu'un seul homme apparût sur le pont, et grâce à l'action de l'invisible machine enfermée dans ses flancs. Le 15 juillet 1783, en présence de dix mille spectateurs qui se pressaient sur les quais, et sous les yeux des membres de l'Académie de Lyon, le bateau du marquis de Jouffroy remonta le cours de la Saône, qui dépassait alors la hauteur des moyennes eaux. Un procès-verbal de l'événement et un acte de noto-

riété furent dressés par les soins de l'Académie de Lyon [1].

Comment une expérience aussi solennelle, aussi décisive, demeura-t-elle sans fruits pour l'inventeur et sans résultat pour le pays qui en avait été le théâtre? C'est ici qu'il faut exposer la fâcheuse série de circonstances qui eurent pour effet d'annuler, entre les mains du marquis de Jouffroy, son utile découverte; c'est ici qu'il faut montrer le triste revers de l'effigie brillante qui vient d'être présentée.

Le succès de son système de navigation une fois constaté par une expérience publique, le marquis de Jouffroy s'occupa de réunir une compagnie financière dans la vue d'établir sur la Saône un service de transports réguliers, et de continuer en même temps les nouvelles expériences qu'il était nécessaire de poursuivre. Pour atteindre ce double but, la première condition à remplir c'était de construire un nouveau bateau, car celui qui venait de servir aux expériences était entièrement hors de service. Les minces feuillets de sapin qui formaient sa coque et ses bordages ne pouvaient être conservés pour un bateau destiné à un usage quotidien; sa chaudière avait été fort mal exécutée, ce qui n'étonnera guère si l'on réfléchit à ce que l'on pouvait faire en ce genre en 1780 et dans une ville de province; aussi, depuis la dernière expérience, elle se trouvait percée sur divers points et ne retenait plus la vapeur. Avant de construire un bateau neuf et de commencer une exploitation sérieuse, la

[1] Voyez à la fin de ce volume (Note III) l'acte de notoriété dressé le 19 août 1783.

compagnie exigea d'être mise en possession d'un privilége de trente ans. L'autorité royale pouvait seule concéder cette faveur, on s'adressa donc à M. de Calonne. L'inconsistance et la légèreté de ce ministre apparurent ici dans tout leur jour. Pour accorder à M. de Jouffroy le privilége qu'il sollicitait, il suffisait de posséder la preuve authentique de la nouveauté de de son invention. Or les faits parlaient haut sous ce rapport ; personne n'ignorait que rien de semblable à ce qui s'était vu à Lyon ne s'était encore produit sur aucun point du monde. L'importance extrême de la question, l'avenir et l'intérêt du pays commandaient donc, autant que la justice, de faire droit sans retard à la requête si modérée de l'inventeur. M. de Calonne en décida autrement. Il jugea nécessaire de consulter l'Académie des sciences pour savoir s'il y avait invention. De son côté, l'Académie outrepassa les vues du ministre, car elle prétendit juger, outre le fait de l'invention, la valeur même des procédés pratiques mis en usage. L'abbé Bossard, Cousin et Perrier furent nommés commissaires du mémoire sur les *Pompes à feu,* adressé par M. de Jouffroy; Perrier et Borda furent spécialement désignés pour l'examen du pyroscaphe. Ainsi M. de Jouffroy trouvait pour juge celui qui avait été son rival dans la question même qu'il s'agissait d'examiner.

L'Académie des sciences de Paris était fort loin à cette époque des habitudes de convenance et de mesure qui la distinguent aujourd'hui. Une discussion orageuse s'éleva dans son sein, à propos de la prétention d'un gentilhomme obscur que peu de savants connaissaient et qui n'était d'aucune académie. Le

témoignage de dix mille personnes qui avaient assisté à l'expérience, le sentiment des académiciens de Lyon, les calculs et les assertions de l'auteur, tout cela fut compté pour rien. L'Académie répondit au ministre qu'avant d'accorder le privilége sollicité par M. de Jouffroy, il fallait exiger que ce dernier vînt répéter ses expériences sur la Seine, en faisant marcher, sous les yeux des commissaires de l'Académie, un bateau du port de 300 milliers. Ainsi la science ne voulait accueillir un résultat publiquement constaté à Lyon qu'après l'avoir vu se reproduire à Paris.

M. de Jouffroy, confiant dans le succès d'une expérience authentique, exécutée sous les yeux de dix mille spectateurs, avait jugé inutile d'aller suivre à Paris une affaire aussi simple. Il attendait donc, dans une tranquillité parfaite, la délivrance de son privilége, lorsqu'il reçut du ministre la lettre suivante :

« Versailles, le 31 janvier 1784.

« Je vous renvoie, Monsieur, l'attestation du succès qu'a eu à Lyon la pompe à feu, par laquelle vous vous proposez de suppléer aux chevaux pour la navigation des rivières, ainsi que d'autres pièces que vous m'avez adressées, jointes à votre requête tendant à obtenir le privilége exclusif, pendant un certain nombre d'années, de l'usage des machines de ce genre. Il a paru que l'épreuve faite à Lyon ne remplissait pas suffisamment les conditions requises; mais si, au moyen de la pompe à feu, vous réussissez à faire remonter sur la Seine, l'espace de quelques lieues, un bateau chargé de 300 milliers, et que le succès de cette épreuve soit constaté à Paris d'une manière au-

thentique qui ne laisse aucun doute sur les avantages de vos procédés, vous pouvez compter qu'il vous sera accordé un privilége limité à quinze années, ainsi que vous l'a précédemment marqué M. Joly de Fleury.

« Je suis bien sincèrement, Monsieur, votre très-humble et très-obéissant serviteur,

« DE CALONNE. »

En lisant cette lettre, M. de Jouffroy comprit qu'il devait renoncer à toute espérance. Il avait consacré ses dernières ressources à la construction de son bateau, et on lui demandait d'aller répéter à ses frais les mêmes expériences à Paris. Il était évident qu'il n'avait plus rien à attendre, et que son antagoniste Perrier venait, pour employer une expression du jour, d'enterrer sa découverte. Il n'éleva ni récriminations ni plaintes, et se borna, pour toute réponse, à expédier à Perrier un modèle au 24e du bateau de Lyon. Nul n'a jamais su ce que cette pièce est devenue.

D'autres circonstances vinrent encore ajouter aux difficultés qui arrêtèrent M. de Jouffroy dans l'exécution de sa belle entreprise. Au siècle dernier, la noblesse provinciale faisait fort peu de cas des sciences et surtout de l'industrie; les préjugés de ce genre n'étaient nulle part plus enracinés que dans la Franche-Comté. Aussi M. de Jouffroy rencontrait-il dans sa famille et chez ses amis une opposition et une hostilité continuelles; on l'accusait de déroger, et peut-être, en effet, dérogeait-il aux traditions nobiliaires de son époque en s'occupant d'inventions utiles au perfectionnement et au bonheur de l'humanité. L'ignorance, qui tenait alors le sceptre des salons, lançait contre

lui les traits du ridicule, qui tue en France et blesse en tout pays. On ne le désignait dans sa province que sous le sobriquet de *Jouffroy la Pompe*, et quand le bruit de ses essais parvint jusqu'à Versailles, on se disait à la cour, en s'abordant : « Connaissez-vous ce gentilhomme de la Franche-Comté qui embarque des pompes à feu sur des rivières, ce fou qui prétend faire accorder le feu et l'eau ? » Survinrent les premiers événements de la révolution française. Le marquis de Jouffroy nourrissait d'ardentes convictions royalistes, il fut des premiers à embrasser le parti de l'émigration; il quitta la France en 1790. Une fois à l'étranger, il se trouva placé au milieu de circonstances qui le détournèrent forcément de ses travaux. Il entra dans l'armée de Condé, et prit part aux vaines tentatives qui furent essayées sous le Directoire et sous l'Empire pour le rétablissement de la maison de Bourbon. Finalement, la France, qui au temps de Papin avait laissé tomber de ses mains la découverte de la vapeur, par suite de ses dissensions religieuses, perdit peut-être cette fois, par l'effet de ses discordes politiques, l'occasion et l'honneur de l'une des plus importantes applications de cette invention féconde.

L'abandon que le marquis de Jouffroy fit, vers 1789, de son projet de navigation par la vapeur, était d'autant plus regrettable, qu'au moment même où il renonçait à le poursuivre, les obstacles qu'il avait rencontrés jusqu'à cette époque allaient s'évanouir devant le génie de Watt. Si l'on a bien compris les difficultés qui empêchaient d'appliquer la machine à vapeur à simple effet à la navigation, on sentira tout de suite que la découverte de la machine de Watt à double effet

permettait d'en triompher. En créant cette machine, d'où il excluait toute intervention de la pression atmosphérique, en imaginant, avec le parallélogramme, la manivelle, le régulateur à force centrifuge, etc., des moyens parfaits pour transmettre et régulariser l'impulsion, le célèbre ingénieur était parvenu à donner au mouvement de rotation de la machine à vapeur une égalité, une régularité admirables. La difficulté qui avait empêché jusque-là d'appliquer la vapeur à la navigation se trouvait ainsi aplanie, et il suffisait, pour tenter avec confiance l'essai de ce nouveau système, d'installer à bord d'un bateau une machine à condensation et à double effet, en l'accommodant, par des modifications et des dispositions spéciales, à l'objet nouveau qu'elle devait remplir.

Cette application si importante de la puissance de la vapeur ne fut cependant réalisée ni en Angleterre, où avaient pris naissance les plus remarquables perfectionnements de la machine à feu, ni en France, où s'étaient exécutés les premiers et les plus brillants essais de ce nouveau procédé de navigation; elle devait s'accomplir sur le sol de la jeune Amérique, dans ces immenses et heureuses régions nouvellement écloses au soleil des sciences et de la liberté. Franchissons donc les mers pour suivre, sur les terres du nouveau monde, le développement et les progrès de la grande invention que nous essayons de raconter.

CHAPITRE II.

Essai de Fitch et de Rumsey en Amérique. — Premiers travaux de Fulton.

Après huit ans de guerre, l'acte du 3 septembre 1783 venait de proclamer l'affranchissement de l'Amérique; la bravoure de Washington et la sagesse de Franklin avaient fondé l'indépendance des États de l'Union. Les arts de la paix, les bienfaits de l'industrie devaient bientôt rendre fructueuse la grande tâche accomplie par le succès des armes américaines. Mais la situation topographique de ces contrées offrait de grands obstacles à l'établissement des relations du commerce. Les États-Unis, avec leur territoire immense dont l'étendue dépasse de beaucoup la moitié de l'Europe, avec leur population très-faible encore et disséminée sur tous les points, dépourvus de tout système de bonnes routes, et sillonnés par de grands fleuves dont les rives couvertes de forêts épaisses sont inaccessibles au halage, ne pouvaient s'accommoder des moyens de transport usités parmi nous. L'essor du commerce menaçait donc de s'y trouver promptement arrêté par l'insuffisance des voies de communication entre l'intérieur et l'Océan. Les fleuves qui traversent le pays, les lacs immenses qui le bornent au nord, les golfes et les baies qui dessinent ses côtes méridionales, auraient pu sans doute fournir des moyens peu coûteux de communication; mais enfermés dans les terres et protégés ainsi contre l'action

des vents, les golfes de l'Amérique n'offrent qu'un moyen assez lent de navigation, et les bords vaseux de ses fleuves, les forêts qui les hérissent, rendent impraticables les procédés du halage. En outre, le Mississipi et ses branches innombrables sont inaccessibles, dans une grande partie de leur cours, à toute espèce de navires à voiles ou à rames, en raison de la rapidité des courants. C'est ainsi que les bateaux plats qui descendaient ce grand fleuve employaient plus d'un mois pour se rendre de l'ouest à la Nouvelle-Orléans, où ils étaient tous démolis faute de pouvoir, même avec des voiles, retourner à leur point de départ. Il est donc facile de comprendre de quelle importance devait être pour l'Amérique la navigation par la vapeur, qui, sur les fleuves, dispense de tout moyen de halage et triomphe de la rapidité des cours d'eau, et qui sur les mers n'a point d'impulsion à demander aux vents ni de retards à essuyer du calme ou des tempêtes. La vapeur eût-elle été inutile au reste du globe, il aurait fallu l'inventer tout exprès pour ces vastes contrées. Aussi la machine de Watt à double effet était à peine connue en Angleterre que l'on essayait aux États-Unis de l'appliquer à la navigation.

La machine à double effet fut rendue publique en 1781, et ce fut en 1784 qu'elle reçut les perfectionnements qui la rendirent susceptible de transmettre un mouvement de rotation parfaitement régulier. Dans cette année même, en 1784, deux constructeurs américains, Fitch et James Rumsey, exposaient au général Washington le résultat de leurs travaux. Rumsey se présenta le premier, mais Fitch se trouva

avant lui en état de faire l'essai de son système sur une échelle d'une grandeur suffisante.

L'appareil moteur que Fitch mit en usage était un simple mécanisme de rames ordinaires en forme de pales verticales mises en mouvement par la vapeur. Mais sa machine trop faible put à peine imprimer au bateau une vitesse de deux nœuds et demi. Il construisit cependant, en 1787, un second bateau qui fit plusieurs courses sur la Delaware, et qui filait quelquefois, s'il faut en croire les adversaires de Fulton, jusqu'à cinq et six nœuds. Mais les dérangements continuels du mécanisme et plus encore le découragement des actionnaires, qui avaient avancé sans résultat des sommes importantes, firent abandonner l'entreprise. Fitch vint en France en 1791. Il se mit en rapport, à Lorient, avec M. Vail, consul américain, et forma avec lui le projet d'établir des bateaux à vapeur en France. Le gouvernement, qui avait paru d'abord les encourager, ne tarda pas à les abandonner à leurs propres ressources : on était à la fin de 1792, et cette date explique tout.

Le second constructeur américain, James Rumsey, avait adopté un appareil moteur tout différent de celui de Fitch. Il se servait d'une pompe qui puisait l'eau à l'avant du bateau et la refoulait sous la quille pour la faire ressortir à l'arrière. Ce système avait été proposé, en France, par Daniel Bernouilli; Franklin l'avait jugé avec faveur; on trouve ce sujet traité avec étendue dans l'une de ses lettres[1]. Ne considérant que le cas extrême des roues à aubes immergées jus-

[1] *Lettre à M. Leroy*, du 5 avril 1775 (Œuvres de Franklin)

qu'à l'arbre, Franklin avait cru prouver que l'on perdrait beaucoup de force en employant les roues à aubes comme moyen de propulsion nautique. Le système de Bernouilli lui semblait supérieur, et il conseilla à Rumsey d'en faire l'application à son bateau. Ce dernier en fit l'essai en 1787; mais le bateau ne filait que deux nœuds et demi. Ayant reconnu l'insuffisance de ce moyen, il y substitua de longues perches qui poussaient le bateau en s'appuyant sur le fond de la rivière; ces perches étaient mises en mouvement par des manivelles fixées sur l'axe du volant de la machine à vapeur. Cependant, comme il ne trouvait pas dans son pays tous les encouragements auxquels il s'était attendu, Rumsey, à l'exemple de son prédécesseur Fitch, quitta le nouveau monde et partit en 1789 pour l'Angleterre, dans l'intention d'y faire connaître ses idées. Il fut bien accueilli à Londres, car il trouva, dans le secours de quelques riches associations, le moyen de construire des bateaux qui furent essayés sur la Tamise; mais ses expériences ne donnèrent que de mauvais résultats, et Rumsey mourut avant d'avoir réussi à faire marcher son bateau.

Cependant si Rumsey échoua dans ses efforts pour créer la navigation par la vapeur, il contribua par une autre voie à ses succès futurs, car c'est à lui que revient l'honneur d'avoir dirigé sur ce sujet l'attention de l'ingénieur illustre auquel l'univers doit ce bienfait. Rumsey eut occasion de rencontrer à Londres son compatriote Robert Fulton, alors âgé de vingt-quatre ans. La conformité de leurs goûts établit entre eux une grande intimité, et c'est par les con-

seils et à l'instigation de Rumsey que Fulton fut amené à s'occuper pour la première fois de la navigation par la vapeur.

Robert Fulton était né en 1765 à Little-Britain, dans le comté de Lancastre, État de Pensylvanie (Amérique du Nord). Ses parents étaient de pauvres émigrés irlandais. Ayant perdu son père dès l'âge de trois ans, sa première instruction se réduisit à apprendre à lire et à écrire dans une école de village. Il fut envoyé très-jeune à Philadelphie, où il entra chez un joaillier pour apprendre cette profession. Les occupations de son apprentissage ne l'empêchèrent pas de cultiver les dispositions remarquables qu'il avait pour le dessin, la peinture et la mécanique. Ses progrès dans la peinture furent tels, qu'avant l'âge de dix-sept ans il était parvenu à se créer des ressources avec son pinceau. Il allait d'auberge en auberge vendre des tableaux et faire des portraits, et il finit par s'établir comme peintre en miniature, au coin de *Second et Walnut streets*, à Philadelphie. Étant parvenu à se procurer ainsi une petite somme, il acheta dans le comté de Washington une ferme où il plaça sa mère. En revenant à Philadelphie, il s'arrêta aux eaux thermales de Pensylvanie et s'y lia avec quelques personnes distinguées, entre autres avec M. Samuel Scorbitt. Frappé des dispositions qu'il annonçait pour la peinture, M. Scorbitt l'engagea à se rendre à Londres, où son compatriote Benjamin West, qui avait acquis en Angleterre une certaine célébrité, serait fier d'encourager ses talents. Franklin, qui avait connu le jeune artiste à Philadelphie, lui avait déjà donné le même conseil; Fulton résolut donc de partir pour l'Angle-

terre, et M. Scarbitt lui ayant généreusement fourni les moyens d'entreprendre le voyage, il s'embarqua à New-York en 1786.

Ses espérances ne furent point trompées : West le reçut comme un ami; il en fit son commensal et son disciple. Cependant Fulton ne devait pas exercer longtemps la profession de peintre : désespérant d'atteindre la perfection dans cet art, entraîné d'ailleurs par la prédominance de ses goûts, il jeta les pinceaux pour s'adonner entièrement à l'étude de la mécanique. Il séjourna quelque temps à Exeter, dans le Devonshire, et résida ensuite deux années dans la grande cité manufacturière de Birmingham, pour se familiariser avec les procédés pratiques de l'industrie; il s'y attira le patronage du duc de Bridgewater et du comte de Stanhope. En 1789, décidé à tirer parti des connaissances qu'il venait d'acquérir, il revint à Londres, et c'est là que le hasard le mit en rapport avec son compatriote Rumsey. Ce dernier n'eut pas de peine à lui faire comprendre tous les avantages que devait amener en Amérique la création de la navigation par la vapeur, et Fulton s'occupa aussitôt de corriger les vices manifestes du système mécanique adopté par Rumsey. Il était persuadé dès cette époque de la supériorité que présentaient les roues à aubes sur tout autre système de propulsion, et il voulait les faire adopter par son compatriote, lorsque la mort de ce dernier vint arrêter leurs projets communs.

Le comte de Stanhope, bien connu en Angleterre par son goût passionné pour les arts mécaniques, s'occupait, vers le même temps, de quelques essais sur la navigation par la vapeur. Il avait construit un

bateau muni d'une machine assez puissante, et il se servait pour moteur d'un appareil palmipède analogue à celui qu'avait employé le marquis de Jouffroy. Fulton n'hésita pas à lui écrire, pour le dissuader d'employer cet appareil, lui recommandant les roues à aubes, et se mettant, pour l'exécution de ce projet, à la disposition du noble lord. Mais ce bon conseil ne fut pas écouté, et la négligence de lord Stanhope à suivre les avis de Fulton amena un retard considérable dans la création de la navigation par la vapeur [1].

[1] Lord Stanhope n'est pas le premier qui se soit occupé dans la Grande-Bretagne des bateaux à vapeur. Des essais du même genre avaient été exécutés en Écosse dès l'année 1787. Le mécanicien Miller, de Dalswinton, s'occupait à cette époque d'essayer l'usage des roues à aubes, pour tenir lieu de rames dans la navigation sur les rivières et les canaux; ces roues étaient mues par des hommes au moyen d'une manivelle. Comme elles ne fonctionnaient pas avec la rapidité suffisante, un de ses amis lui suggéra l'idée de les mettre en action par une machine à vapeur, et Miller chargea, en 1791, un ingénieur, nommé Symington, de mettre cette idée à exécution. L'essai en fut fait sur un petit bateau de plaisir qui naviguait sur le lac de sa terre de Dalswinton. L'expérience ayant réussi, Miller fit construire un bateau de 18 mètres de long; il était tiré par une machine installée dans un petit bateau qui le précédait et qui faisait ainsi office de remorqueur. Ce bateau fonctionna, dit-on, sur le canal de Forth et Clyde; mais la vicieuse disposition qui consistait à se servir de la machine à vapeur comme d'un simple remorquer devait empêcher tout succès; le bateau souffrit tellement qu'il faillit couler. Miller pensa dès lors qu'il y aurait de l'imprudence à naviguer sur une eau plus profonde que celle d'un canal; il regarda son essai comme avorté et mit de côté son bateau. Les expériences de Miller et de Symington n'offrent donc qu'une très-faible importance; et si nous les mentionnons en passant, c'est que les Anglais, qui n'ont apporté qu'un con-

Cette circonstance détourna pour quelque temps le jeune ingénieur de ses projets relatifs à la navigation, et l'ardeur de son esprit se porta vers d'autres sujets. Il présenta, en 1794, au gouvernement britannique, un nouveau système de canalisation. Ce système consistait à construire des canaux de petite section et à substituer aux écluses des plans inclinés, sur lesquels des bateaux, jaugeant seulement de 8 à 10 tonnes, étaient élevés ou descendus avec leur chargement, au moyen de machines mises en mouvement par la vapeur ou par l'eau. Cette idée, déjà pratiquée en Chine depuis un temps immémorial, venait d'être reproduite en Angleterre par William Reynold. A ce système Fulton ajoutait la construction de routes, d'aqueducs et de ponts de fer. Mais ni le gouvernement britannique, ni de riches sociétés auxquelles il s'adressa, ne voulurent consentir à examiner ses plans, et le public ne fit guère plus d'attention à un ouvrage qu'il publia sur cette question pour répandre et faire connaître ses idées. Il s'occupait en même temps de l'exécution de beaucoup d'autres projets mécaniques : il imaginait, pour creuser les canaux, des espèces de charrues qui sont maintenant en usage aux États-Unis; il présentait à la Société d'encouragement de l'industrie un moulin de son invention pour scier et polir le marbre; il construisait une machine à filer le chanvre et le lin, et une autre pour fabriquer des cordages. Quelques lettres de remerci-

tingent très-médiocre à l'invention des bateaux à vapeur, accordent une portée tout à fait exagérée à ces tentatives de leur compatriote. Nous ne les consignons ici que pour nous mettre en paix avec les docteurs de l'autre côté du détroit.

ments de certaines sociétés savantes, une médaille d'honneur et trois ou quatre brevets d'invention, furent tout ce qu'il obtint dans la Grande-Bretagne. Espérant trouver plus d'encouragement en France, il se rendit à Paris vers la fin de l'année 1796.

Arrivé en France, il se hâta de faire des démarches auprès des ministres et des gens de finance dans la vue de les intéresser à son nouveau système de canalisation. Mais il reconnut bien vite que ses projets réussiraient encore moins à Paris qu'en Angleterre. Il tourna donc ses vues d'un autre côté.

Le commerce des États-Unis éprouvait les plus graves dommages des longues guerres qui agitaient l'Europe depuis le commencement de la révolution française. Par les ressources immenses de sa marine, l'Angleterre exerçait sur le monde entier un empire tyrannique en arrêtant les produits importés en France par les nations étrangères, et en s'arrogeant le droit de soumettre à une visite, malgré la protection de leurs pavillons, tous les navires qui parcouraient l'Océan. Les États-Unis souffraient particulièrement de ce long état d'asservissement, et Fulton, sorte de quaker ou de philosophe humanitaire, était tourmenté du désir d'assurer, en faveur de son pays, la liberté des mers. *The liberty of the seas will be the happines of the earth* « La liberté des mers fera le bonheur du monde, » telle était la sentence qui était souvent dans sa bouche. Dans l'espoir de détruire le système de guerre maritime des Européens, il s'attacha à découvrir un moyen d'affranchir les nations les plus faibles de la tyrannie britannique. C'est cette considération qui lui suggéra, s'il faut l'en croire,

l'idée de son système d'attaques sous-marines, qui dès ce moment, ne cessa de l'occuper jusqu'à la fin de sa vie. Au mois de décembre 1797, il commença à Paris une série d'expériences sur la manière de diriger entre deux eaux et de faire éclater, à un point donné, des boîtes remplies de poudre destinées à faire sauter les vaisseaux. C'est là que s'étaient arrêtées, en 1777, les expériences d'un Américain, nommé Bushnell, qui avait le premier imaginé les bateaux-plongeurs. Mais les ressources manquaient à Fulton pour poursuivre ses expériences; il s'adressa donc au Directoire, qui renvoya sa pétition au ministère de la guerre. Ses plans, examinés, furent jugés impraticables. Sans se décourager, il exécuta un très-beau modèle de son bateau sous-marin, et muni de cet argument qui parlait aux yeux, il se présenta de nouveau au Directoire. Il fut mieux accueilli cette fois; une commission fut nommée pour examiner son bateau, et le rapport de cette commission se montra favorable; aussi ce ne fut pas sans surprise qu'après de très-longs délais, il reçut du ministre de la marine l'avis que ses plans étaient définitivement rejetés.

Trois ans s'étaient passés dans ces travaux et ces sollicitations inutiles. Ne conservant plus d'espoir auprès du gouvernement français, Fulton s'était adressé à la Hollande. Mais la république batave n'avait pas mieux accueilli ses projets, et il se trouvait hors d'état de faire face aux dépenses que nécessitaient ses recherches. Son talent de peintre vint lui fournir les moyens de les poursuivre. Pendant les sept années qu'il résida à Paris, Fulton habita l'hôtel de M. Joel Barlow, poëte et diplomate américain, qui avait conçu

pour lui la plus vive amitié, et l'avait mis en relation avec les ingénieurs et les savants de la capitale. M. Barlow, ayant conçu à cette époque le projet d'importer à Paris la découverte des panoramas, due à Robert Barker, peintre d'Édimbourg, chargea Fulton d'exécuter le premier tableau de ce genre qui ait été offert à la curiosité des Parisiens. Cette spéculation obtint le plus grand succès et resserra encore les liens d'amitié qui unissaient le premier des poëtes et le plus illustre des ingénieurs américains; elle donna à Fulton les moyens de continuer ses expériences sur les procédés d'attaque sous-marine.

Bonaparte venait d'être élevé au consulat à vie. Fulton, espérant trouver auprès de lui des encouragements efficaces, lui écrivit pour lui faire connaître ses travaux, et pour demander qu'une commission examinât son bateau-plongeur et ses appareils sous-marins. Sa requête eut un plein succès. Des fonds lui furent accordés pour continuer ses expériences : Volney, Monge et Laplace, nommés commissaires, approuvèrent ses vues. En 1800, sur l'invitation des commissaires du premier consul et avec les fonds accordés par le ministère, Fulton construisit un grand bateau sous-marin qui fut soumis à Rouen et au Havre à différents essais. Ils ne répondirent pas cependant aux promesses de l'inventeur. Pendant l'été de 1801, Fulton se rendit à Brest avec le même bateau, et il exécuta dans ce port plusieurs expériences remarquables. Il s'enfonça un jour jusqu'à 80 mètres sous l'eau, y demeura vingt minutes, et revint à la surface après avoir parcouru une assez grande distance, puis disparaissant de nouveau, il regagna son point de

départ. Le 17 août 1801, il resta plus de quatre heures sous l'eau, et ressortit à cinq lieues de son point d'immersion [1].

Fulton réussit, à l'aide de ses appareils, à faire sau-

[1] Les divers appareils de guerre sous-marine, auxquels Fulton ajoutait une importance extraordinaire, ont aujourd'hui perdu beaucoup de leur intérêt, soit que l'expérience n'ait pas confirmé tous les résultats promis, soit que les circonstances qui rendaient leur secours utile aient maintenant disparu. Il serait donc hors de propos de s'étendre sur la description détaillée de ces appareils : quelques mots suffiront pour en donner l'idée.

L'instrument destiné à produire les explosions sous-marines, et que Fulton désignait sous le nom de *torpedo* ou *torpille*, consistait en une boîte de cuivre pouvant contenir de 80 à 100 livres de poudre; cette boîte était armée d'une platine de fusil qui pouvait faire feu à un moment donné; le tout était attaché à l'extrémité d'une corde longue de 60 pieds, que l'on passait dans une poulie fixée sous l'eau contre le flanc du petit bateau qui portait la torpille. Pour attaquer et faire sauter une embarcation ennemie, Fulton attachait une sorte de harpon à l'extrémité de la corde qui flottait sur l'eau, et quand on dirigeait le petit bateau contre le navire, le mouvement de l'eau suffisait pour attirer l'extrémité de la corde et la fixer à la quille par son harpon. Au bout d'un temps réglé par la fin d'un mouvement d'horlogerie qui communiquait à la platine du fusil, l'explosion se faisait, et, en raison de l'incompressibilité de l'eau, tout l'effet explosif se portait contre le navire. Quelquefois la torpille était lancée contre les bâtiments à l'ancre : le mouvement du courant devait alors suffire pour l'attirer contre eux; d'autres fois, enfin, on plongeait la torpille à 12 ou 14 pieds au-dessous de la surface de l'eau, en l'armant d'une détente qui devait partir et enflammer la poudre dès que le navire la toucherait légèrement. Quant au bateau-plongeur que Fulton désignait sous le nom de *Nautilus*, et qui servait à submerger ses torpilles ou à s'enfoncer inopinément dans l'eau pour échapper

ter dans la rade de Brest, une chaloupe qui s'y trouvait à l'ancre. A la distance de 200 mètres, il lança son torpedo contre la chaloupe, qui au bout d'un quart d'heure sauta en l'air au milieu d'une colonne d'eau soulevée à plus de 100 pieds. Cette expérience, qui excita à Brest beaucoup de curiosité, eut lieu en présence de l'amiral Villaret et d'une multitude de spectateurs. Fulton essaya alors de s'approcher de quelques-uns des navires anglais qui croisaient sur les côtes, et s'avançaient fréquemment dans les parages de Berthaume et de Camaret, près de Brest. Il fut sur le point, dans les parages du Havre, de joindre un vaisseau anglais de 74, mais celui-ci changea tout à coup de direction et s'éloigna du *Nautilus*. Plusieurs mois s'écoulèrent ensuite sans qu'aucun bâtiment ennemi s'approchât assez du rivage pour permettre de renouveler la tentative.

Toutes ces lenteurs fatiguèrent le premier consul qui cessa peu à peu d'ajouter de l'importance aux inventions sous-marines, et qui finit même par les déclarer impraticables. Les mémoires et les pétitions de Fulton commencèrent à demeurer sans réponse, et il fut définitivement informé que le gouvernement français n'entendait plus donner suite à aucun essai de ce genre.

Forcé de renoncer aux projets qu'il poursuivait depuis six ans avec une si grande ardeur, Fulton se disposait à retourner en Amérique, lorsque, vers la

à l'observation de l'ennemi, il ressemblait assez aux différents bateaux de ce genre que l'on a vus souvent, de nos jours, manœuvrer dans nos ports.

fin de 1801, et au moment où il s'occupait des préparatifs de son départ, il rencontra à Paris M. Livingston, ambassadeur des États-Unis. Robert Livingston, qui avait rempli pendant vingt-cinq ans, dans l'État de New-York, les fonctions de chancelier, et qui vint à bout de conclure avec la France le traité de cession de la Louisiane, si avantageux pour sa patrie, ne s'était pas seulement occupé à New-York de travaux diplomatiques. Versé dans la connaissance de l'industrie et des arts, il s'était consacré avec beaucoup de zèle à l'étude de la question des bateaux à vapeur. En 1797, avec l'aide d'un Anglais nommé Nisbett et du Français Brunel, le célèbre ingénieur qui construisit plus tard le tunnel de la Tamise à Londres, il avait établi sur l'Hudson divers modèles de bateaux à vapeur destinés à des expériences. On avait essayé, sous sa direction, les divers mécanismes applicables à la progression des bateaux : des roues à aubes, des surfaces en hélice, des pattes d'oie, des chaînes sans fin, etc. Plein de confiance dans le succès, il avait alors demandé à la législature de l'État de New-York un privilége exclusif de navigation par la vapeur sur les eaux de cet État, faveur que l'on s'était empressé de lui accorder, à la condition, pour lui, de présenter dans le délai d'un an un bateau marchant par l'effet de la vapeur, et faisant 4,8 kilomètres à l'heure. Cependant les expériences n'ayant pas fourni les résultats attendus, les conditions stipulées dans l'acte du Congrès n'avaient pu être remplies et le projet en était resté là. C'est inutilement que Livingston s'était associé, en 1800, avec un très-habile constructeur, John Stevens, de Hobocken. Tous les efforts de Ste-

vens avaient échoué pour remplir les conditions imposées par la législature de New-York. Mais cet échec n'avait pas découragé Livingston, et lorsqu'il vint en France, chargé de représenter le gouvernement de son pays, il apportait en Europe un très-vif espoir de succès. A peine eut-il établi quelques relations avec Fulton, qu'il comprit tout le parti qu'il pourrait tirer de l'activité, des talents et des études spéciales de ce remarquable ingénieur. Aussi lorsque, au moment de s'embarquer pour l'Amérique, Fulton se présenta à l'ambassade des États-Unis pour y prendre congé du représentant de sa nation, Livingston fit-il tous ses efforts pour le dissuader de son projet; il l'engagea à différer son départ pour s'occuper avec lui de la grande question des bateaux à vapeur, qui importait à un si haut degré à la prospérité et à l'avenir de leur commune patrie. A la suite de leurs conférences, un acte d'association fut passé entre eux : Livingston se chargeait de fournir tous les fonds nécessaires à l'entreprise; les expériences à exécuter étaient confiées à Fulton.

Tous les systèmes essayés jusqu'à cette époque pour la création de la navigation par la vapeur avaient échoué sans exception. Fulton attribuait ces échecs si nombreux aux vices des appareils de propulsion mis en usage. Il jugea donc nécessaire de recourir au calcul pour comparer les effets produits par les divers mécanismes employés jusqu'à cette époque. Il s'occupa d'abord d'étudier par cette voie le système du refoulement de l'eau sous la quille du bateau, procédé que James Rumsey avait mis en pratique dans ses expériences à Philadelphie, et plus tard à Londres. Il fut

amené à conclure que c'était là le plus imparfait de tous les modes de progression nautique. Il étudia ensuite le système palmipède qu'il trouva insuffisant pour produire la vitesse exigée. Le mécanisme qui lui parut réunir le plus d'avantages consista dans l'emploi d'une chaîne sans fin, mise en action par la vapeur et munie d'un certain nombre de palettes faisant office de rames. C'était une manière d'employer un plus grand nombre de palettes que celui que portent les roues à aubes, et d'augmenter ainsi le nombre des rames agissant sur l'eau.

Les bords de la Seine n'offraient pas à Fulton assez de tranquillité ni de solitude pour se livrer commodément aux expériences que nécessitait l'emploi de ce nouveau moteur. Madame Barlow ayant reçu le conseil de se rendre aux eaux de Plombières, il se décida à l'accompagner, et ce fut sur la petite rivière de l'Eaugronne qui traverse Plombières dans toute son étendue, qu'il fit l'essai, avec un petit modèle, de ses rames mises en action par une chaîne sans fin. Cependant, de retour à Paris en octobre 1802, il trouva déposé au Conservatoire des arts et métiers le modèle, que l'on y voit encore, d'un bateau à vapeur pourvu d'un mécanisme analogue à celui qu'il venait d'expérimenter à Plombières. Ce bateau avait été construit et essayé sur la Saône par un horloger de Trévoux, nommé Desblancs. Or l'appareil de Desblancs avait complétement échoué quand on l'avait mis en pratique sur de plus grandes proportions. Heureusement renseigné par les résultats de cette expérience, Fulton abandonna ce système pour en revenir à l'emploi des roues à aubes qu'il

avait proposées à lord Stanhope dès l'année 1793.

Après quelques expériences qui furent exécutées pendant l'hiver de 1802 à 1803 sur la Seine, à l'île des Cygnes, Fulton se mit à construire le grand bateau qui devait servir à juger définitivement la question pratique de la navigation par la vapeur. Les échecs répétés que l'on avait éprouvés en France et aux États-Unis tenaient à deux causes : au défaut du système moteur destiné à faire office de rames, et à l'insuffisance de la force donnée à la machine à vapeur. Par des calculs plus justes et par une appréciation plus rigoureuse des résistances à surmonter, Fulton parvint à éviter ces deux écueils; c'est donc par le secours de la théorie, judicieusement transportée dans la pratique, qu'il trouva les moyens de faire réussir la grande entreprise qui avait échoué jusque-là entre les mains d'un si grand nombre d'ingénieurs distingués.

Le bateau de Livingston et Fulton fut terminé au commencement de l'année 1803. Tout se trouvait prêt pour l'essayer sur la Seine, au milieu de Paris, lorsqu'un matin, Fulton, sortant de son lit, où une anxiété et une impatience bien naturelles à la veille d'une épreuve aussi solennelle l'avaient empêché de goûter le moindre repos, vit entrer dans sa chambre un de ses ouvriers dont les traits bouleversés annonçaient un malheur. Un grand malheur venait en effet de le frapper. Le bateau s'était trouvé trop faible pour supporter le poids de la machine à vapeur que l'on y avait installée quelques jours auparavant, et par suite de l'agitation de la rivière provenant d'une bourrasque survenue dans la nuit, il s'était rompu

en deux et avait coulé à fond. Jamais homme ne ressentit un désespoir plus violent que celui qu'éprouva Fulton, en voyant ainsi s'anéantir en un clin d'œil le fruit de tant de travaux et de veilles au moment même où il touchait au but si ardemment désiré. Cependant il n'était pas homme à se laisser longtemps abattre; il courut aussitôt à l'île des Cygnes pour essayer de réparer le désastre. Pendant vingt-quatre heures consécutives, et sans prendre ni repos ni nourriture, il travailla de ses propres mains à retirer de la Seine la machine et les fragments submergés du bateau. La machine n'avait point souffert, mais il fallait construire un bateau nouveau. Il s'établit donc à l'île des Cygnes, et à la fin du mois de juin 1803, un bateau construit avec les soins et la solidité convenables était prêt à naviguer. Il avait 33 mètres de long sur 2 mètres et demi de large.

Le 9 août 1803, ce bateau navigua sur la Seine, en présence d'un nombre considérable de spectateurs. Fulton avait écrit la veille à l'Académie des sciences pour l'inviter à assister à l'expérience, et l'Académie avait envoyé dans ce but Cousin, Bossut, Carnot et Perrier. Le bateau, mis en mouvement à diverses reprises, marcha contre le courant avec une vitesse de $1^{m},6$ par seconde, ce qui représente près d'une lieue et demie par heure.

Un témoin oculaire a consigné dans un journal scientifique de l'époque les détails, malheureusement incomplets, de cette expérience remarquable. Nous transcrivons ce document peu connu, le seul que nous ayons pu retrouver sur ce sujet :

« Le 21 thermidor, on a fait l'épreuve d'une inven-

tion nouvelle, dont le succès complet et brillant aura les suites les plus utiles pour le commerce et la navigation intérieure de la France. Depuis deux ou trois mois, on voyait au pied du quai de la pompe à feu un bateau d'une apparence bizarre, puisqu'il était armé de deux grandes roues posées sur un essieu, comme pour un chariot, et que derrière ces roues était une espèce de grand poêle, avec un tuyau que l'on disait être une petite pompe à feu destinée à mouvoir les roues et le bateau. Des malveillants avaient, il y a quelques semaines, fait couler bas cette construction. L'auteur, ayant réparé le dommage, obtint la plus flatteuse récompense de ses soins et de son talent.

« A six heures du soir, aidé seulement de trois personnes, il mit en mouvement son bateau et deux autres attachés derrière, et pendant une heure et demie il procura aux curieux le spectacle étrange d'un bateau mû par des roues comme un chariot, ces roues armées de volants ou rames plates, mues elles-mêmes par une pompe à feu.

« En le suivant le long du quai, sa vitesse contre le courant de la Seine nous parut égale à celle d'un piéton pressé, c'est-à-dire de 2,400 toises par heure : en descendant elle fut bien plus considérable. Il monta et descendit quatre fois depuis les Bons-Hommes jusque vers la pompe de Chaillot; il manœuvra à droite et à gauche avec facilité, s'établit à l'ancre, repartit, et passa devant l'école de natation.

« L'un des batelets vint prendre au quai plusieurs savants et commissaires de l'Institut, parmi lesquels étaient les citoyens Bossut, Carnot, Prony, Vol-

ney, etc. Sans doute ils feront un rapport qui donnera à cette découverte tout l'éclat qu'elle mérite, car ce mécanisme, appliqué à nos rivières de Seine, de Loire et de Rhône, aurait les conséquences les plus avantageuses pour notre navigation intérieure. Les trains de bateaux qui emploient quatre mois à venir de Nantes à Paris, arriveraient exactement en dix à quinze jours. L'auteur de cette brillante invention est M. Fulton, Américain et célèbre mécanicien [1]. »

Cette expérience ne manqua pas, comme on le voit, d'exciter l'attention des hommes pratiques, mais le public s'y intéressa fort peu. La pensée suivait alors en France une autre direction. On était au milieu de l'enivrement causé par nos victoires militaires, et en présence des bulletins qui arrivaient chaque jour de toutes les capitales de l'Europe, on se préoccupait médiocrement des progrès de la science ou de l'industrie. Les Parisiens qui traversaient le pont Louis XV regardaient d'un œil indifférent le petit bateau de Fulton, qui resta assez longtemps amarré sur la Seine, en face du palais Bourbon.

Cependant l'inventeur demanda au premier consul que son bateau fût soumis à un examen sérieux; il désirait que l'Académie des sciences fût appelée à exprimer son avis sur sa découverte, offrant, si elle était favorablement jugée, d'en faire hommage à la France. Mais Bonaparte accueillit mal cette requête et refusa de saisir l'Académie de la question. Fulton avait fini par lui déplaire; ses longs essais sur la guerre sous-

[1] *Recueil polytechnique des ponts et chaussées*, t. I, p. 82, 6e cahier de l'an XI.

marine, restés sans résultats, ses continuelles demandes d'argent, avaient laissé une impression très-défavorable dans l'esprit du premier consul, qui portait un jugement sévère sur la conduite et les projets de cet étranger. D'après nos informations particulières, ce fut Louis Costaz, alors président du Tribunat, qui se chargea de lui soumettre la demande de Fulton. Louis Costaz avait été, pendant l'expédition d'Égypte, le compagnon du général en chef; il avait longtemps partagé sa tente, et il était resté depuis ce moment en possession de sa confiance et de son amitié. Homme éclairé, esprit pénétrant, il comprenait l'avenir de la navigation par la vapeur, et comme il avait assisté à l'expérience de Fulton exécutée sur la Seine, il consentit sans difficulté à transmettre au premier consul les désirs de l'ingénieur américain. Mais il ne put réussir à triompher de ses préventions contre la personne de Fulton, et comme il insistait et s'efforçait de le persuader de la réalité et de l'importance de la découverte, Bonaparte l'interrompit : « Il y a, lui répondit-il, dans toutes les capitales de l'Europe, une foule d'aventuriers et d'hommes à projets qui courent le monde, offrant à tous les souverains de prétendues découvertes qui n'existent que dans leur imagination. Ce sont autant de charlatans ou d'imposteurs, qui n'ont d'autre but que d'attraper de l'argent. Cet Américain est du nombre, ne m'en parlez pas davantage. »

L'Académie des sciences de Paris n'entra donc pour rien dans le refus qu'éprouvèrent les sollicitations de Fulton. Elle ne fut point appelée à donner son avis sur ses travaux, par conséquent elle ne put, comme

on le répète chaque jour, qualifier d'erreur grossière et d'absurdité l'idée de la navigation par la vapeur. L'Académie comptait alors dans son sein des savants qui s'étaient particulièrement occupés de ce sujet, entre autres Constantin Perrier, qui avait exécuté l'un des premiers des expériences de ce genre; il était donc impossible qu'elle portât sur cette question le jugement ridicule qu'on n'a pas craint de lui imputer.

Le mauvais accueil que le premier consul fit à la demande de Fulton est d'autant plus difficile à comprendre qu'il s'occupait précisément à cette époque des préparatifs de l'expédition de Boulogne, et que, tout entier à son projet de jeter inopinément une armée sur le sol de l'Angleterre, il étudiait avec la plus grande ardeur les divers moyens applicables aux rapides transports maritimes. Nous ne dirons pas, comme on l'a tant de fois avancé, que si Napoléon, prêtant une oreille favorable aux sollicitations de Fulton, eût ordonné l'étude de son système, il aurait par cela seul assuré le succès de la grande entreprise qu'il méditait. Des faits incontestables détruisent ce raisonnement fait après coup. En premier lieu, l'invention de Fulton était encore trop récente pour pouvoir entrer immédiatement dans la pratique, son succès définitif ne fut démontré que quatre années après, dans le dernier essai qu'il fit à New-York, en 1807. En second lieu, l'art de construire des machines à vapeur ne s'était pas encore introduit dans notre pays, et l'on ne pouvait songer à improviser en France, dans l'espace de quelques mois, des usines pour ce genre de fabrication. L'Angleterre seule avait alors le privilége de fournir à l'Europe des machines

à vapeur; celle que Fulton installa dans son premier bateau de New-York sortait des ateliers de Watt. Il est à croire que les Anglais n'auraient pas consenti à nous fournir des machines destinées à l'envahissement de leur pays. Enfin, et cette raison paraîtra décisive, Fulton lui-même, comme nous l'apprend son biographe Colden, ne croyait point à cette époque que les bateaux à vapeur pourraient un jour s'aventurer sur les mers; la navigation sur les fleuves était le seul objet qu'il eût en vue, et lorsque Louis Costaz se chargea d'entretenir le premier consul de sa requête, il ne fit aucune allusion à l'expédition de Boulogne. Disons-le cependant, le propre du génie c'est de devancer l'avenir et de deviner la portée et le développement futur d'une idée par-dessus les erreurs ou les préventions de son temps. On peut donc s'étonner que Napoléon n'ait pas embrassé d'un coup d'œil tout l'avenir de la navigation par la vapeur, et il faut conclure que dans cette grave circonstance son génie habituel lui fit défaut. Ne mettons aucun scrupule à découvrir ces faiblesses, ces défaillances de la pensée du plus grand homme des temps modernes. Ce n'est point là rabaisser sa gloire. Montrer qu'il participa en quelques occasions aux conditions communes de notre nature, ce n'est rien enlever à l'admiration que nous inspirent les grands actes de sa vie où tout son génie s'est révélé.

Au reste, Fulton prit sans trop de peine son parti de cet échec. Au début de ses travaux, il ne s'était point proposé d'intéresser la France à sa découverte; il n'avait entrepris ses recherches qu'avec le projet d'en appliquer les résultats aux États-Unis. Il s'oc-

cupa donc de prendre les dispositions nécessaires pour établir en Amérique le système de transport dont l'expérience venait de lui démontrer la valeur. Livingston adressa une lettre aux membres de la législature de l'État de New-York pour faire connaître les résultats qui venaient d'être obtenus à Paris. La législature dressa alors un acte public, aux termes duquel le privilége exclusif de naviguer sur toutes les eaux de cet État au moyen de la vapeur, concédé à Livingston par le traité de 1797, était prolongé en faveur de Livingston et de Fulton, pour un espace de vingt ans à partir de l'année 1803. On imposait seulement aux associés la condition de produire, dans l'espace de deux ans, un bateau à vapeur faisant quatre milles (6 kilomètres 400 mètres) à l'heure contre le courant ordinaire de l'Hudson. Dès la réception de cet acte, Livingston écrivit en Angleterre, à Boulton et à Watt, pour commander une machine à vapeur dont il donna les plans et la dimension sans spécifier à quel objet il la destinait. On s'occupa aussitôt à construire dans les ateliers de Soho la machine demandée par le chancelier, et Fulton, qui peu de temps après se rendit en Angleterre, put en surveiller l'exécution.

Fulton se trouvait, en effet, sur le point de quitter la France. Son séjour à Paris, les expériences auxquelles il continuait de se livrer sur le bateau-plongeur et ses divers appareils d'attaque sous-marine, excitaient à Londres la plus vive sollicitude. On s'effrayait à l'idée de voir dirigés contre la marine britannique les terribles agents de destruction que l'ingénieur américain s'appliquait à perfectionner.

Lord Stanhope en parla avec anxiété dans la chambre des pairs; à la suite de cette communication, il se forma à Londres une association de riches particuliers, qui se donnèrent pour mission de surveiller les travaux de Fulton. Cette association adressa, quelques mois après, un long rapport au premier ministre, lord Sydmouth; les faits qu'il contenait engagèrent ce ministre à attirer l'inventeur en Angleterre, afin de paralyser, s'il était possible, les effets funestes que l'on redoutait de l'application de ses travaux. On dépêcha de Londres un agent secret qui se mit en rapport avec Fulton, et lui parla d'une récompense de 15,000 dollars (78,000 fr.) en cas de succès. Fulton se laissa prendre à l'appât de cette offre avantageuse, et il se décida à quitter Paris.

Il se trompait cependant sur les vues du gouvernement britannique. On ne pouvait nullement s'intéresser, en Angleterre, au succès d'un genre d'inventions qui était destiné, s'il pouvait réussir, à annuler toute suprématie maritime. Le but du ministère anglais était donc simplement de juger d'une manière positive la valeur des inventions de Fulton, et de lui en acheter le secret pour l'anéantir. C'est ce qu'il finit par comprendre aux délais, aux obstacles, à la mauvaise volonté qu'il rencontra partout en Angleterre. La commission nommée pour examiner son bateau-plongeur en déclara l'usage impraticable. Quant à ses appareils d'explosion sous-marine, on exigea qu'il en démontrât l'efficacité en les dirigeant contre des embarcations ennemies. De nombreuses expéditions s'exécutaient à cette époque contre la flottille française et les bateaux plats enfermés dans la rade de

Boulogne. Le 1[er] octobre 1805, Fulton s'embarqua sur un navire anglais et vint joindre l'escadre en station devant ce port : peut-être n'était-il pas fâché d'essayer contre nous les machines maritimes dont nous avions dédaigné l'usage. A la faveur de la nuit, il lança deux canots munis de torpilles contre deux canonnières françaises, mais l'explosion des torpilles ne fit aucun mal à ces embarcations; seulement, au bruit de cette détonation terrible, les matelots français se crurent abordés par un vaisseau ennemi, et voyant que l'affaire en restait là, ils rentrèrent dans le port sans pouvoir se rendre compte des moyens que l'on avait employés pour opérer cette attaque au milieu de l'obscurité de la nuit. Fulton se plaignit hautement que l'échec qu'il venait d'éprouver avait été concerté par les Anglais eux-mêmes, et il demanda à en fournir la preuve. Le 15 octobre 1805, en présence de M. Pitt et de ses collègues, il fit sauter, à l'aide de ses torpilles, un vieux brick danois du port de 200 tonneaux, amarré à cet effet dans la rade de Walmer, près de Deal, à une petite distance du château de Walmer, résidence de M. Pitt. La torpille contenait 170 livres de poudre; un quart d'heure après que l'on eut fixé le harpon, la charge éclata et partagea en deux le brick, dont il ne resta au bout d'une minute que quelques fragments flottant à la surface des eaux.

Malgré ce succès, ou peut-être à cause de ce succès, le ministère anglais refusa de s'occuper davantage des inventions de Fulton; on lui offrit seulement d'en acheter le secret à condition qu'il s'engagerait à ne jamais les mettre en pratique. Mais l'ingénieur amé-

ricain repoussa bien loin cette proposition : « Quels que soient vos desseins, répondit-il aux agents du gouvernement chargés de lui faire cette ouverture, sachez que je ne consentirai jamais à anéantir une découverte qui peut devenir utile à ma patrie. » Sur ces entrefaites, Livingston, qui était rentré en Amérique, où il s'occupait avec ardeur de mettre à profit le privilége que lui avait accordé la législature de l'État de New-York, écrivit à Fulton pour presser son retour, et celui-ci s'embarqua à Falmouth au mois d'octobre 1806. Il arriva le 13 décembre à New-York. La machine à vapeur qu'il avait commandée à Watt, et dont l'exécution avait souffert différents retards, fut expédiée à la même époque pour New-York, où elle était rendue en même temps que lui.

CHAPITRE III.

Premier bateau à vapeur construit par Fulton en Amérique. — Premier voyage du *Clermont*. — Progrès de la marine à vapeur aux États-Unis.

Fulton s'occupa dès son retour de la construction du bateau qui devait lui assurer le privilége promis par la législature des États-Unis. Ce bateau, que l'on nomma *le Clermont*, fut construit à New-York, dans les chantiers de Charles Brown ; il avait 50 mètres de long sur 5 de large et jaugeait 150 tonneaux ; le diamètre des roues à aubes était de 5 mètres ; la machine à vapeur à double effet qui les faisait tourner était de la force de 18 chevaux.

Les travaux de Fulton, qui avaient été si mal appréciés en Europe, n'étaient pas mieux accueillis dans son pays. L'opinion condamnait ouvertement son entreprise. Il n'y avait pas à New-York dix personnes croyant à son succès, et l'on ne désignait son bateau que sous le nom de *la Folie-Fulton*. Comme les dépenses de construction avaient excédé de beaucoup leurs calculs, Livingston et Fulton proposèrent de céder le tiers de leurs droits à ceux qui voudraient entrer pour une part proportionnelle dans les dépenses : personne ne profita de cette offre, qui fut regardée comme l'aveu d'une prochaine défaite.

Au mois d'août 1807, *le Clermont* était terminé; il sortit, le 10 de ce mois, des chantiers de Charles Brown, et le lendemain, à l'heure fixée pour son essai public, il fut lancé sur la rivière de l'Est. Fulton monta sur le pont de son bateau au milieu des rires et des huées d'une multitude ignorante. Mais les sentiments de la foule ne tardèrent pas à changer, et au signal du départ, lorsque le bateau se mit en marche, des acclamations d'enthousiasme vinrent venger l'illustre ingénieur des indignes outrages qu'il venait de recevoir. Le triomphe qu'il éprouva dans ce moment dut le consoler des critiques, des dégoûts, des obstacles de tout genre qu'il avait rencontrés dans l'exécution de sa glorieuse entreprise.

« Rien ne saurait surpasser, dit son biographe Colden, la surprise et l'admiration de tous ceux qui furent témoins de cette expérience. Les plus incrédules changèrent de façon de penser en peu de minutes, et furent totalement convertis avant que le bateau eût fait un quart de mille. Tel qui, à la vue de cette coû-

tense embarcation, avait remercié le Ciel d'avoir été assez sage pour ne pas dépenser son argent à poursuivre un projet si fou, montrait une physionomie différente à mesure que *le Clermont* s'éloignait du quai et accélérait sa course; un sourire d'approbation était insensiblement remplacé par une vive expression d'étonnement. Quelques hommes dépourvus de toute instruction et de tout sentiment des convenances, qui essayaient de lancer encore de grossières plaisanteries, finirent par tomber dans un abattement stupide, et le triomphe du génie arracha à la multitude des acclamations et des applaudissements immodérés [1]. »

Fulton, qui était demeuré insensible aux marques de mépris de ses compatriotes, ne se laissait pas détourner dans ce moment par les témoignages de leur admiration. Il était tout entier à l'observation de son bateau, afin de reconnaître ses défauts et les moyens de les corriger. Il s'aperçut ainsi que les roues avaient un trop grand diamètre et que les aubes s'enfonçaient trop dans l'eau. Il modifia leurs dispositions, et obtint un accroissement de vitesse.

Cette réparation, qui dura quelques jours, étant terminée, Livingston et Fulton firent annoncer par les journaux que leur bateau, destiné à établir un transport régulier de New-York à Albany, partirait le lendemain pour cette dernière ville. Cette annonce causa beaucoup de surprise à New-York; bien que tout le monde eût été témoin de l'essai sans réplique exécuté peu de jours auparavant, on ne pouvait croire

[1] *The life of Robert Fulton*, by his friend C.-V. Colden. New-York, 1817, p. 168.

encore à la possibilité d'appliquer un bateau à vapeur à un service de transports. Aucun passager ne se présenta, et ce ne fut qu'au retour d'Albany qu'un habitant de New-York osa tenter l'aventure et eut le courage de retourner chez lui sur *le Clermont* qui allait redescendre le fleuve.

Un recueil anglais a récemment fourni quelques détails intéressants sur cet épisode du premier voyage du *Clermont*. Ce recueil raconte qu'étant entré dans le bateau pour y régler le prix de son passage, l'habitant de New-York n'y trouva qu'un homme occupé à écrire dans la cabine : c'était Fulton.

— N'allez-vous pas, lui dit-il, redescendre à New-York avec votre bateau?

—Oui, répondit Fulton, je vais essayer d'y parvenir.

— Pouvez-vous me donner passage à votre bord?

— Assurément, si vous êtes décidé à courir les mêmes chances que nous.

L'habitant de New-York demanda alors le prix du passage, et six dollars furent comptés pour ce prix. Fulton demeurait immobile et silencieux, contemplant, comme absorbé dans ses pensées, l'argent déposé dans sa main. Le passager craignit d'avoir commis quelque méprise.

—Mais n'est-ce pas là ce que vous m'avez demandé?

A ces mots, Fulton, sortant de sa rêverie, porta ses regards sur l'étranger, et laissa voir une grosse larme roulant dans ses yeux.

— Excusez-moi, dit-il d'une voie altérée, je songeais que ces six dollars sont le premier salaire qu'aient encore obtenu mes longs travaux sur la navigation par la vapeur. Je voudrais bien, ajouta-t-il en

prenant la main du passager, consacrer le souvenir de ce moment en vous priant de partager avec moi une bouteille de vin, mais je suis trop pauvre pour vous l'offrir. J'espère cependant être en état de me dédommager la première fois que nous nous rencontrerons.

Ils se rencontrèrent en effet quatre ans après, et cette fois le vin ne manqua pas pour célébrer un heureux souvenir.

La traversée de New-York à Albany ne laissa plus de doutes sur les avantages de la navigation par la vapeur. New-York et Albany, situés tous les deux sur les bords de l'Hudson, sont distants d'environ 60 lieues. *Le Clermont* fit la traversée en trente-deux heures et revint en trente heures. Il marcha le jour et la nuit, ayant constamment le vent contraire, et ne pouvant se servir une seule fois des voiles dont il était muni. Parti de New-York le lundi, à une heure de l'après-midi, il était arrivé le lendemain à la même heure, à Clermont, maison de campagne du chancelier Livingston située sur les bords du fleuve. Reparti de Clermont le mercredi, à neuf heures du matin, il touchait à Albany à cinq heures de l'après-midi. Le trajet avait donc été accompli en trente-deux heures, ce qui donne une vitesse de deux lieues par heure; ainsi la condition imposée par l'acte du Congrès avait été remplie.

Pendant son voyage nocturne, *le Clermont* répandit la terreur sur les bords solitaires de l'Hudson. Les journaux américains publièrent beaucoup de récits de sa première traversée; ces relations étaient sans doute empreintes de quelque exagération, elles

se rapportent cependant à des sentiments trop naturels pour pouvoir être contestées. On se servait, sur le bateau de Fulton, pour alimenter la chaudière, de branches de pin ramassées sur les rives du fleuve, et la combustion de ce bois résineux produisait une fumée abondante et à demi embrasée qui s'élevait de plusieurs pieds au-dessus de la cheminée du bateau. Cette lumière inaccoutumée, brillant sur les eaux au milieu de la nuit, attirait de loin les regards des marins qui naviguaient sur le fleuve; on voyait avec surprise marcher contre le vent, les courants et la marée, cette longue colonne de feu étincelant dans les airs. Lorsque les marins furent assez rapprochés pour entendre le bruit de la machine et le choc des roues qui frappaient l'eau à coups redoublés, ils furent saisis de la plus vive terreur; les uns, laissant aller leur vaisseau à la dérive, se précipitent à fond de cale pour échapper à cette effrayante apparition, tandis que d'autres se prosternaient sur le pont, implorant la Providence contre l'horrible monstre qui s'avançait en dévorant l'espace et vomissant le feu.

Après ce premier voyage, *le Clermont* fut employé à un service régulier entre New-York et Albany. Ce ne fut pas cependant sans quelque difficulté que ce nouveau système de navigation parvint à s'établir sur l'Hudson. On prétendait qu'il serait préjudiciable aux intérêts du pays en nuisant au développement des constructions navales, et les bâtiments à voiles qui naviguaient sur l'Hudson endommagèrent souvent *le Clermont*, en le heurtant ou l'accostant volontairement avec l'intention de le couler. La législature de l'État de New-York fut obligée, pour mettre un terme

à ces atteintes, de les considérer comme des offenses publiques punissables d'emprisonnement et d'amende.

Malgré les obstacles inévitables que rencontre toute invention nouvelle quand elle surgit au milieu d'intérêts contraires depuis longtemps établis, l'entreprise de Livingston et de Fulton acquit rapidement un haut degré de prospérité. Le 11 février 1809, Fulton obtint du gouvernement américain un brevet qui lui assurait le privilége de ses découvertes concernant la navigation par la vapeur. Pendant l'année 1811, il construisit quatre magnifiques bateaux : le plus grand, qui prit le nom du *chancelier Livingston*, était du port de 526 tonneaux ; il était destiné au service de New-York à Albany. En 1812, il établit deux bateaux-bacs mus par la vapeur pour traverser l'Hudson et la rivière de l'Est. Il construisit en même temps divers autres bateaux pour le compte de quelques compagnies auxquelles il cédait les droits concédés dans son privilége. C'est ainsi que la navigation par la vapeur put s'établir en quelques années sur les diverses branches du Mississipi et de l'Ohio.

La création, aux États-Unis, de la marine à vapeur était l'événement le plus considérable qui se fût accompli depuis la guerre de l'indépendance. Les travaux de Fulton imprimèrent une activité nouvelle au génie américain. Les divers États virent bientôt se resserrer les liens qui les unissaient. Sur les bords de plusieurs fleuves, déserts jusqu'à cette époque, des nations entières allèrent s'établir pour y défricher les terres et y fonder des villes. Les bateaux à vapeur portèrent ainsi la vie et le mouvement du commerce sur une foule de points où l'on comptait à peine quel-

ques habitations disséminées : il est reconnu que la culture des districts de l'Ohio, du Missouri, de l'Illinois et d'Indiana fut, par cette invention, avancée de plus d'un siècle.

Terminons par quelques mots ce qui intéresse la vie de l'ingénieur illustre à qui nous devons une découverte si féconde. Jusqu'en 1814, Fulton, tout en s'occupant de quelques autres recherches qui ne pouvaient suffire encore à l'infatigable activité de son esprit, se consacra à suivre les perfectionnements de ses bateaux. Il parvint à faire entrer dans ses vues le gouvernement américain, et sa carrière se termina par la création d'un véritable monument en ce genre. En 1814, dans l'éventualité d'une guerre que pourraient provoquer les difficultés survenues entre l'Angleterre et les États-Unis, le Congrès fit construire à New-York, d'après les plans de Fulton, une immense frégate mue par la vapeur et destinée à la défense du port. Ce bâtiment, dont la construction nécessita une dépense de 1,600,000 francs, et qui fut nommé *le Fulton Ier*, avait 145 pieds de long; il était formé de deux bateaux, séparés par un espace de 66 pieds de long sur 55 de large; c'est dans cet intervalle, et protégée ainsi contre le feu de l'ennemi, que se trouvait placée sa roue à aubes. Un bordage de 5 pieds garantissait la machine à vapeur; plusieurs centaines d'hommes pouvaient manœuvrer sur le pont à l'abri d'un fort rempart; trente embrasures donnaient passage à autant de canons qui devaient lancer des boulets rouges; des faux, mises en mouvement par la machine à vapeur, armaient les côtés du bâtiment et devaient empêcher l'abordage, tandis que grosses

colonnes d'eau froide ou bouillante, vomies par divers tuyaux alimentés par la machine à vapeur, devaient inonder ou brûler tout ce qui se trouverait sur le pont, dans les hunes et dans les sabords du navire ennemi qui s'approcherait pour l'attaquer.

Cependant Fulton ne devait pas être témoin des effets de cette forteresse flottante. Malgré le privilége exclusif de navigation que lui avait accordé la législature de New-York, il eut le chagrin de voir un grand nombre de bateaux à vapeur s'établir sur les eaux qui lui avaient été concédées. Il fut ainsi amené à soutenir beaucoup de procès pénibles. En revenant de Trenton, capitale de l'État de New-Jersey, où s'était plaidée une des causes de son associé Livingston, il se trouva surpris sur l'Hudson par des froids excessifs; le fleuve était couvert de glaces qui arrêtèrent son bateau et l'obligèrent à demeurer exposé pendant plusieurs heures aux rigueurs de la saison. Sir Emmet, son avocat et son ami, ayant failli périr sous les glaces, il fit des efforts inouïs pour l'arracher à la mort. Toutes ces causes réunies déterminèrent une fièvre grave, dont on réussit cependant à se rendre maître. Mais à peine en convalescence, il voulut aller surveiller les travaux de sa frégate à vapeur, et il resta tout un jour exposé sur le pont au froid et au mauvais temps. La fièvre le reprit avec une nouvelle violence et l'enleva, le 24 février 1815, âgé seulement de cinquante ans.

Jamais la mort d'un simple particulier n'avait provoqué aux États-Unis des témoignages aussi unanimes de respect et de douleur. Les journaux qui annoncèrent l'événement parurent encadrés de noir. Les

corporations et les sociétés littéraires de New-York prirent le deuil pour un certain temps, et la législature de New-York, qui siégeait alors à Albany, le porta pendant trente jours. C'est le seul exemple d'un témoignage de ce genre accordé en Amérique à un simple particulier qui n'occupa jamais aucune fonction publique, et ne se distingua du reste de ses concitoyens que par ses talents et ses vertus. Toutes les autorités de New-York assistèrent à son convoi, et la frégate à vapeur tira, en signe de deuil et d'honneur, pendant le passage du cortége.

CHAPITRE IV.

La navigation par la vapeur transportée en Europe. — Son établissement en France et en Angleterre. — Les bateaux à vapeur appliqués aux transports sur mer. — Navigation transatlantique.

L'Europe ne pouvait demeurer indifférente à ce qui venait de s'accomplir aux États-Unis. Si la marine à vapeur présentait en Amérique des avantages immenses par suite de la configuration du territoire, les nations européennes, en raison de l'activité, de l'importance et du nombre de leurs relations mutuelles, devaient en obtenir des services non moins étendus. Notre pays essaya l'un des premiers d'en tirer parti. Dans l'année 1815, à la faveur de la paix, l'industrie française se proposa d'exploiter une invention dont la priorité était reconnue comme un titre de gloire nationale. M. de Jouffroy, rentré en France, avait obtenu

les bonnes grâces de la cour, qui l'avait envoyé comme commissaire dans les départements de l'Est. Profitant de la faveur royale, il fit valoir ses droits comme créateur, parmi nous, de ce nouveau genre de navigation, et il n'eut pas de peine à obtenir un brevet qui le déclarait le premier auteur de cette découverte. Une société financière ne tarda pas à s'offrir pour exécuter les plans qu'il présentait. Le comte d'Artois se déclara son protecteur, et l'on donna le nom de *Charles-Philippe* à un bateau à vapeur qui fut construit au Petit-Bercy et lancé à l'eau, avec une certaine solennité, le 20 août 1816, pendant les fêtes qui suivirent le mariage du duc de Berry. La fortune semblait enfin sourire à la persévérance et aux talents du marquis de Jouffroy; mais cette tardive lueur de prospérité ne fut qu'un éclair. Son privilége fut contesté judiciairement; une compagnie nouvelle, la société Pajol, obtint un brevet et commença une exploitation rivale. Cette concurrence fut fatale aux deux entreprises. Les dépenses considérables que nécessitait la construction des bateaux à vapeur, très-mal connue parmi nous à cette époque, absorba bientôt tous les fonds des actionnaires. La compagnie de M. de Jouffroy fut ruinée et ses concurrents ne furent guère plus heureux. M. de Jouffroy retomba dans l'obscurité d'où il était un moment sorti, de telle sorte que l'auteur des premiers essais exécutés en France de la navigation par la vapeur fut contraint, après la révolution de juillet 1830, d'entrer aux Invalides comme ancien capitaine d'infanterie. Il y est mort du choléra en 1832, âgé de quatre-vingts ans, et ne laissant à ses fils d'autre héritage que son nom.

La marine à vapeur devait trouver dans l'industrie privée de l'Angleterre des encouragements plus efficaces; c'est dans ce pays qu'elle reçut l'impulsion considérable qui la porta au degré de perfection et de puissance qu'elle possède aujourd'hui.

Ce n'est qu'en 1812, cinq ans après le succès de Fulton aux États-Unis, que les bateaux à vapeur commencèrent à s'introduire dans la Grande-Bretagne. Un mécanicien écossais, Henry Bell, construisit à cette époque un bateau à vapeur qui navigua sur la Clyde, c'était *la Comète*, qui fit un service de transports entre Glascow et Greenock. Ce n'était guère là néanmoins qu'une sorte d'essai préliminaire, car ce bateau n'avait qu'une machine de la force de 3 chevaux. En raison de la nouveauté de ce moyen de navigation et de ses dangers apparents, le nombre des passagers était si restreint, que les entrepreneurs pouvaient à peine couvrir leurs dépenses. En 1815, un bateau plus puissant, construit par Henry Bell, *le Rob-Roy*, du port de 90 tonneaux, mû par une machine de la force de 30 chevaux, fit la traversée de la Clyde et de Belfast, et pendant l'automne de la même année plusieurs autres bateaux, également construits sur la Clyde, furent envoyés sur divers points de l'Angleterre. En 1817, une ligne régulière, composée de *l'Hibernia* et de *la Britannia*, fut établie entre Holyhead et Dublin.

Holyhead et Dublin sont séparés par la partie de la mer d'Irlande connue sous le nom de *canal Saint-George*. C'était pour la première fois, en Europe, que les bateaux à vapeur osaient naviguer en mer. La régularité et la sûreté parfaites avec lesquelles s'ac-

complirent les traversées dans ces parages orageux prouvèrent suffisamment les avantages des bateaux à vapeur pour les voyages sur mer, et leur résistance extraordinaire aux accidents de ce genre de navigation. Aussi vit-on, après cette épreuve décisive, un grand nombre de compagnies se former pour établir des services de paquebots entre divers points de la Grande-Bretagne et du continent européen. Dès ce moment, la vapeur étendit chaque jour les limites de son nouveau domaine, et bientôt la mer d'Allemagne, la Méditerranée, la mer Noire, la Baltique et l'Archipel, virent de magnifiques *steamers* promener sur leurs eaux le pavillon britannique. En 1829, on comptait déjà en Angleterre 331 bateaux à vapeur.

Il était naturel que l'on songeât à étendre ce mode de communication aux voyages de long cours. L'expérience trancha heureusement la question. En 1825, le steamer anglais *l'Entreprise* fit le voyage des Indes. Parti de Falmouth, ce navire, qui se servit alternativement du vent et de la vapeur, resta quarante-sept jours à aller du cap de Bonne-Espérance à Calcutta. A la même époque, un bâtiment hollandais réussit à exécuter, en se servant alternativement de ces deux moyens, le voyage d'Amsterdam à Curaçao, dans les Antilles.

Le succès de ces deux voyages fit concevoir l'espoir de traverser l'océan Atlantique par le seul secours de la vapeur. A l'Angleterre appartient l'honneur d'avoir accompli cette grande entreprise et d'avoir réalisé le fait, longtemps regardé comme un rêve, d'exécuter le voyage d'Amérique avec des bâtiments à vapeur.

C'est en 1836 que l'on parla pour la première fois, en Angleterre, de ce projet hardi qui rencontra dès le début de vives résistances de la part des marins et des savants. Des hommes du métier, d'une autorité incontestable, affirmaient qu'il serait impossible d'établir un service régulier de bateaux à vapeur pour la traversée de l'Océan; tout ce que l'on pouvait espérer, disait-on, c'était de passer des ports les plus à l'ouest de l'Europe aux îles Açores ou à Terre-Neuve, pour y renouveler la provision de combustible. Des raisons puissantes semblaient justifier cette prédiction décourageante; il fallait franchir une distance d'environ 1,400 de nos lieues de poste, sans trouver un seul point de relâche intermédiaire qui pût fournir aux navires un secours ou un abri. En outre, l'océan Atlantique est souvent agité par de violentes tempêtes, et le trajet vers l'Amérique est coupé de nombreux courants contraires aux vaisseaux partis d'Europe, de telle sorte que ce voyage, effectué par les navires à voiles, exige ordinairement trente-six jours. La quantité de charbon à emporter pour suffire, pendant cette longue traversée, à l'alimentation de la chaudière, semblait donc opposer à cette entreprise une difficulté insurmontable. L'exemple invoqué du steamer anglais qui avait fait, en 1825, le voyage des Indes, était loin, ajoutait-on, d'être concluant, car ce navire avait relâché au cap de Bonne-Espérance, il avait mis quarante-sept jours pour atteindre de ce point à Calcutta, et il avait fait alternativement usage de la vapeur et des voiles. On pouvait en dire autant d'un navire américain, *le Savannah*, qui avait accompli, en 1819, la traversée de New-York en Angleterre,

puisqu'il avait fait usage de la voile en même temps que de la vapeur, et qu'il avait mis un retard de six jours sur la marche des navires ordinaires.

Une autre question importante se débattait entre les gens d'affaires, c'était la cherté de ce moyen de transport. Le vent qui enfle les voiles d'un vaisseau ne coûte rien, tandis que l'alimentation d'une chaudière à vapeur occasionne une dépense considérable. De plus, une machine installée à bord d'un vaisseau occupe un grand espace qui est perdu pour les marchandises, et diminue par conséquent les bénéfices du transport. La cherté du fret des bâtiments à vapeur pourrait donc difficilement, disait-on, soutenir la concurrence de la navigation à voiles.

Les savants ne se montraient pas plus favorables à ce projet. Un professeur de Londres, dans un ouvrage qu'il publia sur les effets de la vapeur, se livra à une série de calculs pour démontrer l'impossibilité de réussir dans cette entreprise. Il se rendit même à Bristol, et dans une des séances publiques qui furent tenues à cet effet, il déclara qu'essayer de traverser l'Atlantique avec les paquebots à vapeur, serait aussi insensé que « de prétendre aller dans la lune. »

Cependant l'industrie britannique raisonne peu, et il n'est point d'entreprise, aussi hardie, aussi téméraire qu'elle soit, qui ne trouve en Angleterre des moyens d'exécution. Tandis que les savants dissertaient, tandis que les négociants calculaient, tandis que les hommes de mer critiquaient, des centaines d'ouvriers étaient occupés, dans les chantiers de Bristol, à construire un immense navire qui devait triompher de toutes les prophéties. Au commence-

ment de 1838, *le Great-Western* était terminé : c'était un des plus beaux, des plus élégants et des plus majestueux navires qui fussent encore sortis des chantiers de la marine britannique. Il jaugeait 1,340 tonneaux et sa longueur était de 240 pieds. Les deux machines à vapeur qu'il contenait étaient de la force de 450 chevaux. On peut se faire une idée de ses dimensions en se figurant un de nos vaisseaux de ligne de 80 canons. Outre son appareil à vapeur, il portait quatre mâts à voiles destinés à suppléer, si cela était nécessaire, à l'action de la vapeur. Les roues avaient 8 mètres 1/2 de diamètre et les palettes 3 mètres 1/2 de longueur. On avait épuisé dans les dispositions de l'intérieur toutes les ressources du luxe et de l'élégance.

Au mois de mars 1838, la construction du *Great-Western* était terminée, et peu de temps après, sur les murs de la salle même où le professeur de Londres avait rendu ses oracles, on lisait une affiche ainsi conçue : *Le Great-Western, commandé par le lieutenant Hosken, partira de Bristol pour New-York, le 4 avril.*

Sur cette annonce, une autre compagnie se décida à tenter la même entreprise, et *le Sirius*, grand navire à vapeur jaugeant 700 tonneaux, et de la force de 320 chevaux, se disposa à essayer en même temps que *le Great-Western* le voyage transatlantique.

Le 5 avril 1838, *le Sirius* partit de la rade de Cork, en Irlande ; c'est le port des îles Britanniques le plus rapproché des États-Unis : il emportait 453 tonneaux de charbon et 53 barils de résine. Trois jours après, *le Great-Western* appareillait à Bristol pour New-

York, avec 660 tonneaux de charbon; sept passagers seulement avaient osé braver les dangers du voyage. C'est alors que commença la lutte la plus étonnante dont l'Océan eût jamais été le théâtre, entre ces deux navires marchant par la seule puissance de la vapeur, et cherchant à se dépasser l'un l'autre sur la vaste carrière de l'Atlantique. Le vent, qui ne cessait de souffler de l'ouest, leur opposa pendant les premiers jours des obstacles devant lesquels auraient reculé les plus forts navires à voiles; leur marche n'en fut pas un instant retardée. Pendant la première semaine, *le Sirius* fit peu de chemin, parce que le combustible le surchargeait; mais à mesure qu'il s'allégea en brûlant sa houille, sa vitesse s'accrut rapidement. Le 22 avril, les deux vaisseaux couraient sous la même latitude, séparés seulement par la faible distance de 3 degrés en longitude. Enfin la victoire resta au *Sirius*, qui avait eu trois jours d'avance : dans la matinée du 23, il se trouvait en vue de New-York.

On était prévenu dans ce port de l'arrivée prochaine des deux bâtiments anglais. Chaque jour une foule immense se pressait sur le rivage, interrogeant l'horizon. Parmi les spectateurs qui portaient avec anxiété leurs regards sur l'Océan, se trouvaient quelques vieillards qui avaient été témoins autrefois du départ de *la Folie-Fulton*, et qui, racontant à leurs amis comment avaient été trompés à cette époque toutes les prévisions et toute la sagesse des temps passés, annonçaient avec un chaleureux espoir la prochaine venue des envoyés de l'ancien monde. Enfin, le 23 au matin, on vit poindre à l'extrémité de l'horizon une légère colonne de fumée; peu à peu elle se

dessina plus nettement, et le corps tout entier du navire parut sortir des profondeurs de la mer : c'était *le Sirius* qui arrivait d'Angleterre après une traversée de dix-sept jours. Il franchit les passes et entra dans la baie de New-York, faisant flotter sur ses mâts les pavillons réunis d'Angleterre et d'Amérique. Quand il pénétra dans la rade, les batteries de l'île Bradlow le saluèrent de vingt-six coups de canon, et aussitôt les eaux se couvrirent de milliers de bateaux partant à la fois de toutes les directions. Les navires du port se pavoisèrent de leurs pavillons aux mille couleurs, le carillon des cloches se mêla au bruit retentissant de l'artillerie; et toute la population de New-York, rassemblée sur les quais, salua de ses acclamations d'enthousiasme *le Sirius*, laissant tomber au fond de l'Hudson la même ancre qui avait mouillé dix-sept jours auparavant dans un port d'Angleterre.

L'émotion des habitants de New-York avait eu à peine le temps de se calmer, que *le Great-Western* se montrait à son tour. Arrivant avec toute la vitesse de sa vapeur, il vint se ranger à côté de son heureux rival. *Le Sirius* fit entendre trois cris de victoire à l'entrée du *Great-Western;* les batteries de la ville le saluèrent d'une salve d'artillerie à laquelle il répondit par le salut de son pavillon, tandis que tout son équipage réuni sur le pont portait la santé de la reine d'Angleterre et du président des États-Unis. « Comme nous approchions du quai, rapporte le journal d'un des passagers du *Great-Western,* une foule de bateaux chargés de monde s'amassèrent autour de nous. La confusion était inexprimable; les pavillons flottaient de toutes parts; les canons tonnaient et toutes les clo-

ches étaient en branle. Cette innombrable multitude fit retentir un long cri d'enthousiasme qui, répété de loin en loin sur la terre et sur les bateaux, s'éteignit enfin, et fut suivi d'un intervalle de silence complet qui nous fit éprouver l'impression d'un rêve. »

Quelques jours après, les deux navires quittaient New-York pour revenir en Europe. Cette seconde épreuve eut le même succès. *Le Sirius* arriva à Falmouth, après un voyage de dix-huit jours et sans aucune avarie. *Le Great-Western*, parti de New-York le 7 mai, arriva à Bristol après quinze jours de traversée; il avait eu à supporter plusieurs jours de vents contraires, et dans le cours d'une violente tempête il n'avait pu faire que deux lieues à l'heure.

Le problème de la navigation transatlantique par la vapeur fut pleinement résolu par ces deux mémorables voyages, et peu de temps après le gouvernement confiait au *Great-Western* le transport régulier de ses malles et de ses voyageurs. *Le Sirius*, qui fut trouvé trop faible pour le service de l'Atlantique, fut rendu à son ancienne navigation de Londres à Cork. *Le Great-Western* continua avec le plus grand bonheur son service à travers l'Océan. Depuis 1838 jusqu'en 1844, il fit trente-cinq voyages d'Angleterre aux États-Unis, et revint autant de fois à son point de départ. La durée moyenne de sa traversée était de quinze jours et demi pour arriver à New-York, et de treize jours et demi pour en revenir. Son voyage le plus rapide a été accompli en mai 1843; il n'exigea que douze jours et dix-huit heures, c'est-à-dire un tiers à peu près de la durée moyenne de ce voyage par les navires à voiles. Son plus prompt retour en Europe

eut lieu en mai 1842 : il se fit en douze jours et sept heures.

Plusieurs autres bâtiments à vapeur, parmi lesquels il en était d'un port supérieur à celui du *Great-Western*, ont été consacrés, en Angleterre à la navigation sur l'Atlantique. *Le Royal-William* fut le premier en date, mais il reçut au bout de quelque temps une autre destination. Vinrent ensuite *la Reine d'Angleterre*, *le Président* et *le Liverpool*; chacun de ces trois navires, construit sur les plus grandes proportions, avait coûté 2,500,000 francs. Le premier, après plusieurs traversées, fut acheté par le gouvernement belge; on sait que *le Président* périt en mer, corps et biens, en 1841; quant au *Liverpool*, il fut brisé sur la côte d'Espagne pendant son service de Southampton à Alexandrie.

Le plus grand des navires à vapeur construits par la marine britannique a été lancé, en 1843, dans les chantiers de Bristol. Ce fut le premier essai, au moins sur d'aussi grandes proportions, d'un bâtiment à vapeur, dans lequel le fer fut partout substitué au bois et les roues à aubes remplacées par l'hélice. Ce magnifique bâtiment, qui eut pour parrain le prince Albert, fut nommé *le Great-Britain*. Il avait 98 mètres de longueur sur 15 1/2 de large. Sa machine était de la force de 1,000 chevaux. Il ne répondit pas cependant aux hautes espérances qu'il avait fait concevoir. Après avoir reçu sa machine, son tirant d'eau se trouva si considérable qu'il ne put franchir l'entrée du bassin de Liverpool, et il demeura longtemps prisonnier dans l'enceinte même où il avait été construit. Il fallut pour l'en délivrer toute l'habileté des meilleurs ingénieurs

de l'Angleterre. Il avait cependant accompli plusieurs fois avec succès le voyage d'Amérique, lorsque sa carrière se trouva soudainement interrompue. Le capitaine du *Great-Britain*, par suite d'une erreur de navigation, le jeta sur la côte d'Irlande; il demeura pendant tout l'hiver de 1846 échoué dans la baie de Dumdrum. Ce n'est qu'avec les plus grandes difficultés que l'on parvint à remorquer cet énorme navire à travers la mer d'Irlande, jusqu'au bassin de Liverpool où il offre aujourd'hui un assez triste spectacle.

La France ne devait pas rester longtemps en arrière du mouvement rapide imprimé en Europe à la navigation par la vapeur. On a vu dès l'année 1816, à l'époque où la marine à vapeur commençait à recevoir en Angleterre ses premiers développements, on avait essayé de l'établir parmi nous. Mais la route était alors à peine tracée, nos mécaniciens avaient échoué dans cette entreprise. La compagnie Jouffroy, la société Pajol, en voulant tout créer de leurs propres mains, sans demander à l'étranger ni modèles à suivre, ni exemples à imiter, n'avaient obtenu qu'une demi-réussite. Ces tentatives furent reprises six ans après dans un plus sage esprit. La marine à vapeur se trouvait, aux États-Unis, dans une situation florissante; on prit donc le parti d'aller chercher des leçons dans ces contrées. En 1822, le ministre de la marine envoya dans le nouveau monde un ingénieur d'un grand mérite, M. Marestier, avec mission de prendre sur les lieux une connaissance détaillée et complète des travaux exécutés en ce genre dans les divers États de l'Union. Un savant capitaine de frégate, M. de Montgery, reçut en même temps l'ordre

de se rendre, avec le bâtiment qu'il commandait, dans les divers ports de l'Amérique, et d'y étudier les bateaux à vapeur sous le rapport de leur service nautique et militaire. L'importante mission confiée à M. Marestier porta tous les fruits que l'on attendait de l'expérience et des talents de cet ingénieur. Le travail remarquable qu'il présenta en 1823 à l'Académie des sciences de Paris, sous le titre de : *Mémoire sur les bateaux à vapeur des États-Unis d'Amérique*, fit connaître avec les plus grands détails l'état, à cette époque, de la marine à vapeur dans les diverses contrées du nouveau monde. L'auteur concluait que ce nouveau système de navigation offrait assez d'avantages, pour que l'on en décidât l'adoption immédiate sur les mers et sur les rivières de l'Europe. Les renseignements et les formules pratiques contenus dans son ouvrage fournirent les moyens de construire dans nos usines des bâtiments à vapeur, offrant toutes les qualités de ceux qui navignaient dans les parages de l'Amérique.

Cependant les bâtiments à vapeur sortis de nos chantiers présentaient encore beaucoup d'imperfections dans la disposition des machines, et dans les rapports qui doivent exister entre la puissance de la vapeur et la forme ou le port des navires. Cette partie des constructions navales avait, au contraire, fait en Angleterre des progrès très-étendus. Un ingénieur de la marine française, M. Hubert, fut donc envoyé à Liverpool, pour y faire construire une machine de 160 chevaux, destinée à servir de modèle à celles que le gouvernement se proposait d'établir sur les bâtiments de l'État. L'étude des belles machines du

Sphinx, sorties des ateliers de M. Fawcet, amena de très-importantes améliorations dans notre marine à vapeur. A partir de l'année 1830, le navire et les machines du *Sphinx* furent adoptés comme type dans les constructions de la marine militaire. Les usines royales d'Indret et celles de l'industrie privée permirent dès lors à la France de se passer du secours des ateliers anglais, et les beaux navires à vapeur qui furent affectés peu de temps après au service des transports entre la France et l'Algérie montrèrent toute la perfection que l'on pouvait atteindre parmi nous dans cette branche nouvelle de l'industrie.

Nous terminerons là l'histoire de la création et des perfectionnements successifs de la navigation par la vapeur. Faire connaître son état présent dans les diverses contrées de l'Amérique et de l'Europe, donner le dénombrement des pyroscaphes qui promènent sur les fleuves et sur les mers des deux hémisphères la puissance de la vapeur, serait une tâche qui offrirait peu d'utilité et surtout peu d'exactitude, puisque ces éléments dans les divers pays varient d'un jour à l'autre. Entre New-York et Albany, dans les parages de l'Hudson, où Fulton lança son premier bateau, il existe aujourd'hui plus de soixante paquebots à vapeur faisant le même trajet. Les lacs et les grands fleuves de l'Amérique sont sillonnés chaque jour d'un nombre immense de steamers, et sur le seul lac Érié, on en trouve plus de quarante. Sur le Mississipi, où il n'existait pas, il y a vingt ans, une seule ligne régulière, on compte aujourd'hui trois cents pyroscaphes. D'après un rapport officiel, l'Union américaine possédait, en 1835, 800 bateaux à vapeur. Aujourd'hui la

marine à vapeur du commerce, aux États-Unis, se compose de 1,390 bâtiments, dont 625 sont affectés à la navigation maritime à l'extérieur, et 765 desservent les lacs et les fleuves de l'intérieur. Pendant l'année 1851, on a construit dans la seule ville de New-York 50 navires à vapeur, et le nombre des passagers transportés, dans le cours de la même année, par les steamers de l'intérieur de l'Union, a été de 5,860,850. La totalité des steamers anglais s'élevait, en 1840, à 776, dont 484 étaient des bateaux de rivière et de petits caboteurs, et 282 des bâtiments employés aux longues traversées. Aujourd'hui l'Angleterre possède plus de 1,000 bâtiments à vapeur. Ces chiffres suffisent pour montrer toute l'étendue des services que rend au commerce, à l'industrie, aux besoins des nations de notre époque, cette admirable application de la vapeur, dont la découverte réunira dans l'admiration commune de la postérité les noms de Papin, de Watt et de Fulton.

CHAPITRE V.

Machines à vapeur employées à bord des bateaux et des navires. — Chaudières.— Moyens de propulsion. Les roues à aubes. — L'hélice.

Les détails dans lesquels nous sommes entré relativement aux divers systèmes de machines à vapeur en usage dans l'industrie, nous dispenseront de nous étendre sur la description des machines de ce genre

consacrées au service de la navigation. Aucune différence importante n'existe, en effet, entre les machines fixes établies dans les usines et celles qui fonctionnent à bord des navires ou des bateaux de rivière. La seule particularité à noter, c'est que, sur un bateau muni de roues, on emploie toujours deux machines à vapeur au lieu d'une seule. Dans l'espace étroit réservé au mécanisme, on ne pourrait facilement établir le volant qui sert dans les machines fixes à régulariser le mouvement. On arrive au même résultat en faisant usage de deux machines à vapeur distinctes, qui viennent agir chacune sur l'arbre tournant auquel sont fixées les roues. Les manivelles de l'arbre de chaque machine sont disposées à angle droit l'une sur l'autre, de telle sorte que lorsque l'une d'elles est au point le plus avantageux de sa course, l'autre se trouve au point le plus désavantageux, au *point mort*, comme on le dit en mécanique, ce qui assure la continuité et la régularité de la rotation de l'arbre.

Le système de machines à vapeur appliquées à la navigation varie fort peu. La machine de Watt, c'est-à-dire la machine à condenseur et à basse pression, est à peu près exclusivement adoptée. En Angleterre, en Hollande, en Belgique, dans une partie des États-Unis, en France, pour la marine de l'État, la machine à condenseur et à basse pression, c'est-à-dire à la pression d'une atmosphère ou d'une atmosphère et quart, est la seule en usage. Aucune description nouvelle ne sera donc nécessaire pour faire connaître les dispositions mécaniques qui permettent d'appliquer la puissance de la vapeur à la navigation. La seule différence

à signaler entre les machines à basse pression de nos usines et celles des bateaux ou des navires, se rapporte à la place occupée par le balancier. Dans les bateaux, où l'espace a besoin d'être ménagé, on ne pourrait établir sans beaucoup d'inconvénients le haut et volumineux balancier qui, dans la plupart des machines fixes, s'élève au-dessus du cylindre ; on le dispose donc au-dessous, à l'aide d'une tige articulée qui sert de moyen de renvoi. Le balancier, ainsi placé à la partie inférieure du mécanisme, produit le même effet que produit dans les machines fixes le balancier situé à leur partie supérieure. Si donc on se représente une machine à vapeur à condensation, telle qu'elle est figurée p. 201 du 2e vol., mais dans laquelle le balancier, au lieu de se trouver installé au-dessus du cylindre, soit disposé au-dessous, on aura une idée suffisamment exacte de la plupart des machines qui servent à la navigation. Quelques différences peu importantes se remarquent seulement, selon les formes du bateau, dans les dispositions et dans l'installation des différentes pièces du mécanisme. Comme le fait remarquer avec raison un savant ingénieur de la marine, M. Hubert, « cette uniformité dans les points principaux n'est pas le résultat d'une aveugle routine, ainsi qu'on pourrait le supposer, mais d'un grand nombre d'expériences dirigées par l'intérêt particulier, dans le but de trouver les moyens économiques qui conviennent le mieux au service de la mer. »

On comprend difficilement, au premier aperçu, les motifs qui pourraient dicter l'adoption des machines à haute pression sur les bateaux. Les eaux affluentes fournissant toute la quantité d'eau nécessaire à la

condensation de la vapeur, il paraît absurde de songer à se servir, sur les fleuves ou les mers, de machines sans condenseur. Cependant on voit en Amérique, sur les eaux de l'Ouest, quelques bateaux mis en mouvement par des machines à haute pression sans condenseur. Leur emploi ne s'explique que par les nécessités spéciales du service de ces paquebots. Ils n'ont en général à accomplir qu'un trajet très-court, et une grande vitesse est pour eux la condition de succès. La machine à haute pression offrant, sous un faible volume, une puissance motrice considérable, présente dans ce cas particulier certains avantages, et ce n'est que dans de telles conditions que l'on peut comprendre l'emploi d'une machine qui fait perdre le bénéfice de la force motrice d'une atmosphère.

Mais si la machine à haute pression n'offre que peu d'avantages, sous le rapport économique, quand on laisse la vapeur se perdre librement dans l'air, elle présente, au contraire, des conditions très-précieuses, lorsque la vapeur à haute pression, au lieu d'être rejetée dans l'atmosphère, est soumise à la condensation. Nous avons vu que l'industrie a tiré un parti des plus heureux de la combinaison de ces deux systèmes, et que dans plusieurs machines fixes qui fonctionnent dans nos usines, on emploie de la vapeur à haute pression que l'on condense après qu'elle a produit son effet. On réunit ainsi le double bénéfice de la puissance motrice considérable dont jouit la vapeur à haute tension, et celui qui résulte de sa condensation. Cette alliance des deux systèmes que l'industrie a réalisée avec tant d'avantages a été mise à profit pour la navigation. Une partie des bateaux à vapeur qui

parcourent nos fleuves portent des machines qui sont à la fois à haute pression et à condenseur; la vapeur y fonctionne avec une tension qui va de trois à quatre atmosphères. Cependant ayons bien soin de remarquer que les navires à vapeur ne font jamais usage de ce système combiné, et voici le motif de cette exclusion. Si le niveau de l'eau venait accidentellement à s'abaisser dans la chaudière, les parois du métal ne tarderaient pas à rougir, par suite de la température excessivement élevée que présente le foyer lorsqu'il sert à produire de la vapeur à haute pression. Or, si dans ce moment, le roulis du navire projetait une partie de l'eau de la chaudière contre ces parois rougies, l'explosion serait à craindre. C'est pour ce motif que les machines à haute pression sont proscrites sur les bateaux de mer et réservées aux paquebots qui suivent le cours tranquille des fleuves ou des rivières.

La puissance des machines à vapeur varie selon le port des bateaux ou des navires. Ces deux termes sont assujettis au principe suivant généralement adopté : la force de la machine à vapeur doit être d'un cheval pour un port de deux tonneaux sur les bateaux de rivière, et sur les navires, d'un cheval pour un port de quatre tonneaux.

Si les machines à vapeur qui servent à la navigation ressemblent presque en tout point, sous le rapport du mécanisme, aux machines fixes de nos usines, elles en diffèrent beaucoup en ce qui concerne la construction et la disposition de la chaudière et du foyer. On comprend, en effet, que l'agitation continuelle de la chaudière, par suite du roulis ou du mouvement des vagues, doit entraîner la nécessité de dispositions

spéciales pour le générateur. Indiquons rapidement les formes principales adoptées aujourd'hui pour la construction des chaudières de bateaux.

Les chaudières des bateaux où l'on fait usage de machines à basse pression présentent une forme prismatique; elles sont analogues, par leur aspect, aux chaudières de Watt, que l'on désigne encore sous le nom de *chaudières à tombeau.* Mais elles en diffèrent en ce qu'elles sont partagées à l'intérieur en un certain nombre de compartiments ou cloisons, qui ont pour effet d'arrêter et de maintenir la masse du liquide qui s'y trouve contenu, lorsque le bâtiment vient à s'incliner sur son axe par l'effet du mouvement de la mer. De plus, on les fait traverser par un certain nombre de larges conduits métalliques par lesquels s'échappe l'air chaud qui s'élève du foyer. Par cet artifice, l'eau se trouve soumise par une plus grande surface à l'action du feu, et elle donne ainsi naissance dans le même temps à une quantité beaucoup plus considérable de vapeur.

Dans les machines à haute pression employées sur les bateaux, la vapeur est produite par des chaudières à bouilleurs analogues à celles des machines fixes; seulement le nombre des bouilleurs est plus nombreux. Ajoutons que depuis quelques années on commence à adopter, pour le service des navires, les chaudières dites *tubulaires* qui, dans un espace de temps très-court, produisent une quantité de vapeur prodigieuse. Elles se composent d'une grande capacité à peu près prismatique, traversée par un nombre considérable de tubes étroits dans l'intérieur desquels vient circuler l'air chaud ou la flamme arrivant du

foyer, et qui donnent ainsi à la surface de chauffe une étendue extraordinaire. Nous aurons occasion de parler avec plus de détails de ce genre de chaudières dans l'histoire des chemins de fer.

Cependant la force qu'il faut développer pour mettre en mouvement sur les eaux la masse énorme d'un navire est si considérable, qu'une chaudière présentant les dispositions précédentes serait encore insuffisante pour produire la quantité de vapeur nécessaire dans ce cas. Or comme on ne peut étendre au delà de certaines limites les dimensions des chaudières, on est contraint d'en employer deux pour chacune des machines; et comme, d'autre part, un bateau est toujours mis en action par deux machines, on voit que l'on est conduit à employer sur un navire quatre générateurs de vapeur. Ces quatre chaudières sont adossées deux à deux l'une contre l'autre, et installées dans la cale du navire, dont elles occupent la plus grande partie. Les deux machines à vapeur qu'elles alimentent sont disposées au-dessus.

Les chaudières des navires présentent une particularité que n'offrent point celles des bateaux de rivière. Elles sont naturellement alimentées par l'eau de la mer; or, cette eau tient en dissolution une quantité considérable de substances salines, et son évaporation dans le générateur donne promptement naissance à un dépôt abondant de sel marin. Les moyens employés dans les machines des usines pour prévenir la formation des dépôts terreux resteraient ici sans efficacité. On sait que dans les machines alimentées par de l'eau douce, certains corps étrangers jetés dans la chaudière suffisent pour prévenir la formation des in-

crustations terreuses; cette précaution serait complétement insuffisante avec l'eau de la mer qui tient en dissolution une quantité de sels énorme, puisqu'elle s'élève à 32 grammes par litre. Comme il est impossible de s'opposer à la précipitation de ces substances, on remplace l'eau du générateur lorsqu'elle a atteint le degré de concentration auquel elle commence à fournir du sel. C'est dans ce but que les chaudières des navires sont pourvues d'une pompe, dite de *saumure,* destinée à rejeter à la mer l'eau qui a subi un commencement de concentration. Cette pompe est mise en mouvement, terme moyen, une fois par heure; elle vient puiser l'eau dans les parties inférieures de la chaudière, parce que c'est dans ce point que se réunit, en raison de sa pesanteur spécifique, l'eau la plus chargée de sels. Il existe une pompe à saumure, dite de *Maudslay,* du nom du fabricant qui l'a imaginée; son mécanisme et ses dimensions sont calculés de telle sorte qu'elle extrait de la chaudière un volume d'eau contenant précisément la quantité de sels existant dans le volume d'eau apporté dans le même temps au générateur par le tuyau de la pompe alimentaire. On appelle *faire l'extraction,* dans les bateaux de mer, l'opération qui consiste à évacuer ainsi d'heure en heure l'eau concentrée et chargée de sels qui existe dans le générateur. Pour utiliser une partie de la chaleur emportée par cette eau, on la dirige, hors du navire, par un tuyau métallique qui se trouve environné lui-même d'un second tube par lequel arrive l'eau d'alimentation. Par cette disposition, l'eau qui entre dans la chaudière s'échauffe aux dépens de celle qui est rejetée, et lors-

qu'elle s'y introduit, elle se trouve déjà en partie échauffée, ce qui procure une certaine économie de combustible.

Venons maintenant à l'examen sommaire des moyens mis en usage pour appliquer à la progression des bateaux les machines à vapeur dont nous venons de parler.

Un grand nombre de systèmes ont été employés jusqu'à ce jour comme moyen de propulsion sur les bateaux à vapeur. Le *système palmipède*, qui consiste à faire usage de rames s'ouvrant et se fermant à volonté, a été, comme nous l'avons vu, essayé l'un des premiers. A l'origine de la navigation par la vapeur, il était naturel que l'on cherchât à imiter le mécanisme des rames ordinaires mises en mouvement par la main des hommes. Le bateau palmipède du marquis de Jouffroy, qui navigua sur la Saône en 1783, fut la réalisation de cette idée. Elle a été reprise à notre époque par le fils du marquis de Jouffroy; mais l'expérience a montré ce que la théorie permettait d'ailleurs de pressentir, que l'action mécanique intermittente qui résulte du mouvement alternatif des rames ne peut l'emporter dans aucun cas sur l'effet continu que procurent les roues à aubes. Le *système Bernouilli*, qui consiste à refouler à l'arrière des masses d'eau puisées à l'avant, et à faire avancer le bateau par la réaction qui résulte du refoulement de l'eau sous la quille, avait échoué plusieurs fois en Angleterre et aux États-Unis. De nouvelles expériences exécutées récemment en France n'ont pas donné des résultats plus heureux. Les *chaînes sans fin* munies de palettes et destinées à former comme une sorte de

longue roue occupant une grande partie de la longueur du bateau, furent essayées en France par Desblancs et par Fulton; l'expérience démontra toute l'insuffisance de ce moteur pour atteindre la vitesse exigée. Plusieurs autres systèmes fondés sur des principes moins sérieux que les précédents ont été soumis de nos jours à un grand nombre d'essais qui sont restés infructueux. En définitive, les seuls agents propulseurs dont l'expérience ait mis hors de doute les avantages sont les roues à aubes et l'hélice. Étudions-les rapidement.

Les *roues à aubes* employées dans la navigation par la vapeur sont toujours au nombre de deux ; on les dispose de chaque côté et un peu en avant du centre de gravité du bateau. Elles portent à leur circonférence un certain nombre d'*aubes* ou *palettes* de bois, attachées par des crochets de fer aux rayons de moyeux de fonte fixés sur l'arbre tournant de la machine à vapeur. Le nombre des aubes varie suivant la circonférence de la roue ; il doit être tel qu'il y en ait toujours trois d'immergées : elles doivent plonger de 8 à 10 centimètres dans l'eau. Leur surface est d'autant moins grande que le bateau est destiné à une marche plus rapide. La vitesse imprimée aux roues à aubes par la machine à vapeur doit être supérieure à celle du bateau qu'elles font mouvoir, puisque, avançant elles-mêmes avec le bateau, elles ne peuvent agir qu'en vertu de la différence des deux vitesses. L'expérience a établi que, pour qu'elle réalise le maximum d'effet, la vitesse des aubes doit être d'environ un quart supérieure à celle du bateau.

Les roues des premiers *steamers* furent presque en

tout semblables à celles que nous voyons fonctionner dans les usines hydrauliques. On les installait en différentes positions, mais presque toujours latéralement à un tiers de la longueur du navire en partant de l'avant. En Amérique, et plus tard en France, sur la Saône et sur la Seine, on vit des bateaux à vapeur dont les roues se trouvaient placées tout à fait à l'arrière. Cette disposition ne faisait rien perdre de l'effet utile du moteur, et le bateau, diminué de toute la largeur des tambours qui environnent la roue, franchissait plus aisément les passages étroits et le chenal des rivières, souvent très-rétréci dans les basses eaux. On s'est également servi d'une roue unique, placée au milieu du bateau qu'elle divisait ainsi en deux. A l'époque des premiers essais de navigation par la vapeur, ce mode d'installation de la roue fut essayé en Écosse. C'est encore de cette manière que se trouvait placée l'immense roue à aubes de la frégate de guerre *le Fulton Ier*, construite par Fulton pour la défense du port de New-York. Ce système d'installation de la roue ne constitue aujourd'hui qu'une exception des plus rares; il ne présenterait d'avantages que dans le cas où la voie navigable serait d'une très-petite largeur, comme dans les canaux, sur lesquels les bateaux à vapeur n'ont pu s'introduire encore en raison des dommages que fait éprouver aux bords de ces voies artificielles l'agitation des eaux causée par le mouvement des roues.

A mesure que les bâtiments à vapeur se multiplièrent, on reconnut divers inconvénients aux moyens trop simples que l'on avait adoptés pour la disposition des roues. Chaque palette d'une roue n'agit avec tout

son effet utile que lorsqu'elle est perpendiculaire au liquide qu'elle frappe. En entrant dans l'eau et en se relevant pour en sortir, elle n'exerce son action que suivant une ligne oblique ; elle perd ainsi une partie de sa force qui se trouve employée sans utilité à pousser le liquide en avant quand elle s'enfonce, ou à le projeter en arrière quand elle se relève. Ces pertes de force s'accroissent avec la vitesse imprimée aux roues.

Pour remédier à la perte de force qui résulte du soulèvement de l'eau au moment où la palette sort du liquide, on a imaginé différents systèmes qui se réduisent tous à rendre les aubes mobiles sur leur axe, de manière à les obliger d'entrer dans l'eau et d'en sortir sous une inclinaison toujours avantageuse à l'effet moteur. Un système de ce genre, imaginé par M. Cavé, a été adopté en France sur plusieurs navires de la marine militaire. Des bielles et un excentrique font pivoter chacune des aubes, de manière à les maintenir dans une situation verticale pendant toute la durée de leur immersion, et à leur donner, au moment de leur sortie du liquide, une position horizontale, afin qu'elles présentent à l'air le moins de résistance possible. Outre son avantage pour l'accroissement de l'effet moteur, cet ingénieux mécanisme permet d'éviter aux roues, et par suite aux machines, les violentes secousses que provoque le choc des lames lorsque celles-ci viennent frapper les roues du bateau à l'instant de leur sortie du liquide. En Angleterre, on fait usage, pour atteindre le même but, d'un système particulier que l'on désigne sous le nom de *système Morgan*. Il est fondé sur les mêmes principes que celui de

M. Cavé; mais nécessitant un mécanisme très-compliqué, il est sujet à beaucoup de dérangements. Les frottements qui résultent du grand nombre d'engrenages qu'il exige absordent une force presque aussi considérable que celle dont on cherche à éviter la perte.

Les roues à aubes constituent un moyen à peu près irréprochable pour appliquer la puissance de la vapeur à la navigation sur les fleuves ou les rivières; mais elles présentent des inconvénients très-graves dans la navigation sur mer. Le roulis du navire a souvent pour effet d'élever une des roues hors de l'eau en immergeant la roue opposée; dès lors la roue la plus élevée tourne à vide, ce qui produit des variations très-nuisibles à la machine. Comme la résistance ne s'exerce plus que sur l'une des roues, on est obligé d'affaiblir l'intensité de la force motrice en diminuant l'entrée de la vapeur dans les cylindres, et la force de la machine se trouve ainsi atténuée au moment où, au contraire, son maximum d'effet serait souvent nécessaire. En outre, le tambour qui environne les roues offre une large surface à l'action du vent, ce qui rend le navire mauvais marcheur. Sur les navires de guerre, les roues sont librement exposées à l'atteinte des boulets, et cette circonstance suffit pour leur ôter presque toute valeur au point de vue militaire. Enfin, les roues sont un obstacle à ce que l'on puisse se servir à la fois de la vapeur et des voiles, car l'emploi de la vapeur exige que le bâtiment se maintienne toujours à peu près dans une ligne verticale; or les voiles ont pour résultat de le faire incliner sur son axe, ce qui met obstacle à l'action régulière de la machine.

La pratique mit promptement en évidence les inconvénients qui résultent de l'emploi des roues à aubes dans la navigation maritime. Aussi depuis l'adoption générale de la vapeur comme agent de propulsion nautique, un grand nombre de mécanismes différents furent-ils proposés pour remplacer les roues. Cependant aucun d'eux n'avait fourni de résultats satisfaisants, et la supériorité des roues semblait une question définitivement jugée, lorsque, en 1839, un constructeur anglais, M. Smith, appliqua à un navire à vapeur une *hélice* ou *vis d'Archimède*, comme moyen de propulsion. Les résultats remarquables fournis par ce nouveau moteur excitèrent au plus haut degré l'attention des hommes de l'art, et des expériences ultérieures ayant confirmé ces premiers résultats, ce système n'a pas tardé à devenir d'un emploi à peu près général dans la navigation maritime.

En quoi consiste l'hélice employée comme agent moteur des navires, et comment peut-on, en théorie, se rendre compte de ses effets? L'hélice n'est autre chose que la vis ordinaire, et la théorie de son action est la même que celle de ce dernier instrument [1]. Concevons que l'on dispose horizontalement à l'avant d'un bateau, et dans le sens de sa longueur, une vis pouvant tourner librement sur son axe; si l'on engage l'extrémité de cette vis dans un écrou fixe, maintenu

[1] L'invention de la vis est attribuée à Archìtas, qui vivait 400 ans avant J.-C.; il est probable cependant qu'elle est d'une origine plus ancienne. Archimède revêtit la vis d'une enveloppe et la consacra à l'élévation des eaux. On sait que ce moyen fut employé en Égypte pour le desséchement des terrains.

dans une position invariable par rapport au sol environnant, quand on viendra à imprimer à la vis un mouvement rapide de rotation, elle avancera dans l'écrou et entraînera par conséquent le bateau auquel elle est fixée. L'hélice de nos bateaux fonctionne de la même manière, seulement l'écrou fixe est remplacé par l'eau. Quand on fait tourner une hélice au milieu de l'eau avec une grande rapidité, l'eau environnante se trouve mise en mouvement avec la même vitesse, et par suite de la réaction qu'elle exerce sur les faces inclinées de l'hélice, elle imprime au bateau un mouvement de progression qui est d'autant plus rapide que l'hélice tourne plus vite.

L'idée d'appliquer la vis d'Archimède à la navigation est déjà fort ancienne. Rappelons en quelques mots les tentatives nombreuses qui ont été faites jusqu'à nos jours dans cette direction.

Pendant les nombreuses expériences que Du Quet fit à Marseille et au Havre de 1687 à 1693, sur les agents de propulsion propres à remplacer les rames, il ne manqua pas d'étudier la vis d'Archimède; mais il ne put en retirer aucun résultat avantageux.

En 1768, un ingénieur français, nommé Paucton, proposa, dans un ouvrage sur la théorie de la vis d'Archimède, de remplacer les rames par des hélices. Il proposait de placer deux hélices (qu'il nommait ptérophores) à l'arrière et de chaque côté du navire, dans une situation horizontale et dans le sens de sa longueur. Paucton fait ressortir, dans son livre, les inconvénients qui résultent, pour l'emploi de la force motrice, du mouvement alternatif des rames, et il essaye de démontrer que des hélices disposées sous

la quille donneraient des résultats bien supérieurs. Cependant les idées de Paucton ne frappèrent que médiocrement l'attention.

En 1777, l'Américain David Bushnell avait adapté une hélice au bateau-plongeur dont il est l'inventeur. Ce bateau s'enfonçait en se remplissant d'eau; pour remonter à la surface, on évacuait cette eau à l'aide d'une pompe aspirante. Pour diriger sous l'eau son embarcation, Bushnell employait un aviron en forme de vis, qu'il plaçait horizontalement sous la quille; cette sorte d'hélice faisait marcher le bateau d'avant en arrière. Un second aviron placé verticalement à la partie supérieure du bateau régularisait son immersion et le maintenait à la hauteur désirée, indépendamment de la quantité d'eau admise dans le réservoir. Ce moyen de direction fut plus tard imité par Fulton, dans ses embarcations submersibles.

La découverte de la navigation par la vapeur vint donner beaucoup d'intérêt aux travaux exécutés jusqu'à cette époque sur l'emploi de l'hélice. Un grand nombre d'essais nouveaux furent entrepris dans cette direction. Cependant toutes ces recherches restées sans résultat pratique ont peu d'importance aujourd'hui, et nous les passerons sous silence [1]. Signalons seulement les remarquables travaux exécutés en France, en 1823, par le capitaine du génie Delisle. Toutes les tentatives faites jusque-là pour appliquer l'hélice à la navigation avaient complétement échoué;

[1] On trouvera dans un mémoire de M. Léon Duparc, imprimé dans les *Annales maritimes* de l'année 1842 (tome II, p. 885), le relevé exact de tous les travaux exécutés jusqu'à nos jours pour l'application de l'hélice au service des bâtiments à vapeur.

on s'accordait donc alors à condamner son usage d'une manière absolue. M. Delisle démontra, dans le beau travail qu'il entreprit à cette occasion, la vérité de la thèse contraire. Il s'efforça d'établir par le calcul la supériorité de ce système sur celui des roues à aubes, et proposa de disposer sous la quille des navires deux hélices à trois pas de vis, placées l'une à l'avant, l'autre à l'arrière. Il fit même la proposition formelle de substituer les hélices aux roues à aubes sur les navires de la marine militaire. Le ministère de la marine rejeta le projet du capitaine Delisle, qui était cependant presque identique avec celui que M. Éricson employait avec succès, huit années après, en Angleterre.

Un constructeur du Havre, M. Sauvage, continua les recherches du capitaine Delisle. Les longs et persévérants travaux qu'il exécuta mirent hors de doute les avantages de l'hélice comme propulseur sous-marin. C'est surtout à M. Sauvage qu'est due la démonstration de ce fait important, que, pour produire son maximum d'effet, la vis doit être réduite à la longueur d'une seule révolution. Cependant malgré vingt années d'efforts, il ne put parvenir à exécuter des essais sur une échelle suffisante pour établir d'une manière irrécusable la vérité de ses assertions.

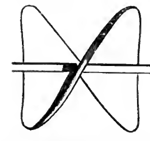
Pendant que M. Sauvage poursuivait ses travaux en France, un grand nombre d'autres constructeurs exécutaient en Angleterre et aux États-Unis des recherches du même genre. MM. Éricson, Beyre, Napier, Blaxman et Timothy, se distinguèrent particulièrement dans cette voie. Pendant les années 1836 et 1838, M. Éricson soumit à des essais très-variés un

système propulseur composé de deux hélices, qui ne différait que très-peu de celui de notre compatriote Delisle. Ces tentatives ayant été jugées, en Angleterre, avec beaucoup de faveur, le système de M. Éricson fut définitivement appliqué à un petit bâtiment, *le Francis-Ogden*, qui fut soumis, comme remorqueur, à différents essais. A la même époque parut le système de M. Smith, qui ne différait que fort peu de celui de M. Sauvage. Plus heureux que notre compatriote, le constructeur anglais réussit à obtenir la formation d'une société, qui prit le titre de *Compagnie de propulsion par la vapeur*. Cette compagnie fit construire, pendant les années 1838 et 1839, un grand et beau navire, *l'Archimède*, qui fut consacré à étudier l'hélice d'une manière définitive dans les conditions de la grande navigation. Des expériences comparatives, prolongées pendant plus d'une année, ayant fait reconnaître toute l'utilité de ce système, la compagnie propriétaire du magnifique steamer *le Great-Britain*, dont nous avons plus haut rappelé l'origine, arma ce navire d'une hélice.

C'est à dater de ce moment que les avantages de la vis d'Archimède, comme moyen de propulsion maritime, mis entièrement hors de doute, ont rendu son emploi à peu près général dans les navires à vapeur destinés au service de la mer. Le beau paquebot à vapeur *le Napoléon*, construit au Havre par M. Normand, a montré l'un des premiers en France les avantages de ce moteur.

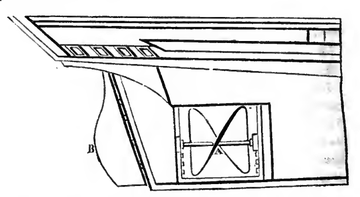
La simplicité extrême de l'hélice comme propulseur sous-marin, nous permettra de réduire sa description à un petit nombre de détails.

On a beaucoup hésité sur les dimensions à donner à la vis d'Archimède, pour en obtenir le maximun d'effet. Après avoir fait usage de l'hélice triple, double, etc., on a reconnu aujourd'hui que la vis formée d'une seule révolution est celle qui réunit les conditions les plus avantageuses. La figure ci-jointe représente l'hélice telle qu'elle est aujourd'hui employée par nos constructeurs. Elle se compose, comme on le voit, d'une seule révolution de vis. Quant à ses dimensions, elles dépendent de celles du navire et sont liées à ce dernier élément par des formules et des règles pratiques dont l'expérience a constaté l'exactitude. Les hélices sont habituellement de fer; cependant le cuivre convient mieux pour leur construction, parce qu'il résiste plus longtemps à l'action corrosive de l'eau de la mer.



L'hélice est toujours placée bien au-dessous de la ligne de flottaison du navire, afin que dans aucune circonstance l'agent propulseur ne puisse se trouver élevé hors du liquide sur lequel il agit. On l'installe à l'arrière, dans un espace libre ménagé sous la quille et dans le plan vertical qui passe par l'axe du bateau. Elle se trouve ainsi à une petite distance en avant du gouvernail. La figure suivante a pour but de montrer l'installation de l'hélice sous le bâtiment. A est l'hélice vue dans la position où elle fonctionne, B est le gouvernail du navire. L'hélice est disposée, comme on le voit, dans un espace laissé libre sous la quille du navire, et dans le plan de son axe vertical. Tenue

entre deux tourillons fixes, elle tourne dans cet espace, en recevant son mouvement de l'arbre de la machine à vapeur, auquel elle est liée par une courroie ou par des engrenages. Sa vitesse de rotation est très-considérable : elle est habituellement de **240** tours par minute.



Indiquons rapidement les avantages et les inconvénients qui se rattachent à l'emploi de l'hélice dans la navigation par la vapeur. Ses avantages principaux peuvent se résumer de la manière suivante :

1° L'agent propulseur du navire est à l'abri de l'atteinte des boulets et des divers projectiles, de la chute des mâts et des diverses causes d'accidents de ce genre de nature à l'endommager.

2° La suppression des roues, diminuant la largeur du bâtiment, lui donne plus de facilité pour entrer dans un port, dans un bassin, etc., ou pour manœuvrer parmi d'autres embarcations.

3° Le navire offrant moins de prise au vent, par suite de l'absence des tambours qui environnent les roues, la vitesse de sa marche se trouve accélérée.

4° La vis, toujours immergée, quel que soit le degré d'inclinaison que prenne le navire par l'action du vent ou le mouvement de roulis, acquiert, dans ces circonstances, une puissance égale et souvent supérieure à celle des roues.

5° L'espace occupé par les roues sur un bâtiment de guerre devenant libre, on peut établir des batteries dans toute sa longueur.

6° Les navires à hélice présentant la même forme que les navires à voiles, peuvent être plus rapidement convertis en bâtiments à voiles. Or, si l'on peut suspendre par intervalles l'action de la vapeur, et ne l'employer que par les temps de calme ou par les vents contraires, on réalise sur le combustible une économie considérable.

7° Enfin, comme l'hélice est mise en action par des machines à vapeur qui n'occupent qu'un faible espace, les bâtiments de commerce qui en sont pourvus peuvent disposer pour les marchandises d'un emplacement plus considérable.

Ces avantages si remarquables sont en partie contre-balancés par quelques inconvénients qu'il nous reste à énumérer. Le premier, et le plus grave, consiste dans l'infériorité de vitesse que présentent les navires à hélice sur les bâtiments à roues, dans les conditions de la navigation ordinaire. Cette infériorité relative dans la vitesse provient de ce que le mouvement de la vis au sein de l'eau amène nécessairement une perte de force mécanique, perte plus grande que celle qui résulte de l'emploi des roues. L'hélice exerce sur l'eau un double mouvement : elle la pousse d'arrière en avant et sur les côtés. Ce dernier effet

9.

est perdu pour la progression, la force nécessaire pour le produire est donc dépensée en pure perte. Aussi a-t-on reconnu que dans un temps calme, la vitesse d'un navire à hélice est inférieure des douze centièmes environ à celle d'un bateau à roues. Il faut remarquer seulement que dans les navires à hélice, la perte de force qui provient de l'agent moteur est un élément constant qui ne s'accroît dans aucune circonstance; au contraire, celle qui résulte, dans les bâtiments à roues, de l'élévation de l'appareil moteur hors du liquide, par suite du mouvement de la mer, augmente souvent dans des proportions dont il est impossible de tenir compte.

Il faut ajouter, comme inconvénients liés à l'emploi des hélices, le bruit continuel et désagréable causé par les engrenages, la crainte de voir l'appareil moteur brisé par la rencontre des hauts-fonds, l'usure rapide des supports dans lesquels l'hélice tourne avec une rapidité extraordinaire, enfin la difficulté qu'on éprouve souvent à la retirer lorsqu'elle exige quelque réparation, et surtout à la remettre en place en la fixant exactement dans la direction de l'axe du navire qu'elle doit toujours occuper pour fournir le maximum de son action motrice.

La conclusion des faits qui viennent d'être énumérés est facile à déduire. L'hélice, manifestant surtout ses avantages dans le cours d'une navigation difficile et accidentée, convient parfaitement au service de la mer. Sur les rivières et sur les fleuves, elle ne présenterait aucun bénéfice particulier. Il est de toute évidence qu'un navire de guerre ne peut employer que l'hélice comme moyen propulseur. Quant aux paque-

bots ou bâtiments de commerce, bien qu'ils semblent devoir en retirer des avantages beaucoup moindres, on les voit cependant depuis quelques années l'adopter de préférence. Presque tous les bâtiments à vapeur que l'on construit en Angleterre, pour le service du commerce, sont munis de l'hélice. En France, on s'est montré jusqu'ici plus timide. C'est d'ailleurs à la pratique à prononcer en dernier ressort sur cette grave question; l'expérience étendue à laquelle les deux systèmes rivaux se trouvent aujourd'hui soumis sur toutes les mers ne tardera pas à résoudre les difficultés qui divisent encore les hommes de l'art sur le rôle qui se trouve réservé dans l'avenir à ce moteur nouveau, dans les conditions habituelles de la navigation maritime.

LES CHEMINS DE FER.

CHAPITRE PREMIER.

Premières idées concernant la locomotion par la vapeur. — Le docteur Robison. — James Watt. — Voiture à vapeur de l'ingénieur français Cugnot. — Construction des premières machines à haute pression par Olivier Evans. — Application de ces machines à la locomotion sur les routes ordinaires. — Voiture à vapeur d'Olivier Evans. — Diligence à vapeur de Trevithick et Vivian.

La machine à vapeur a eu cette heureuse destinée que les diverses améliorations qu'elle a reçues depuis son origine ont trouvé, dès le moment de leur création, des applications de la plus haute importance. En 1690, le génie de Papin jette dans le monde scientifique sa grande conception concernant la vapeur, et dix ans sont à peine écoulés que cette pensée théorique, sortant du domaine spéculatif où elle a pris naissance, reçoit son application dans l'industrie. Savery et Newcomen, consacrant la machine atmosphérique à l'épui-

sement des eaux dans les mines de houille, arrachent à une imminente ruine la branche mère de l'industrie britannique. A peine James Watt a-t-il accompli dans le système des machines à vapeur cette révolution admirable que nous avons essayé de faire connaître, que les applications de ses découvertes se réalisent aussitôt sur une échelle immense. Avec les forces nouvelles dont elle est armée, la machine à vapeur s'élance, par toutes les voies, dans le domaine de l'industrie, et vient offrir son utile secours aux innombrables travaux des manufactures et des usines. La persévérance et les talents de Fulton lui ouvrent ensuite l'empire des mers, et elle brave sur l'Océan l'effort des vents et des flots. Enfin de nouveaux perfectionnements apportés au mécanisme de ce puissant moteur permettent de l'appliquer aux transports rapides sur les voies de la locomotion terrestre. C'est cette dernière période des progrès de la machine à vapeur qu'il nous reste à aborder, et ce n'est ni la moins curieuse, ni la moins intéressante de son histoire.

Bien que les machines locomotives soient beaucoup plus simples dans leur combinaison que les machines fixes qui fonctionnent dans les usines ou sur les navires, leur invention est cependant de beaucoup postérieure en date à ces dernières ; les bateaux à vapeur sillonnaient les fleuves dans les deux hémisphères vingt ans avant que la circulation des voyageurs fût établie sur nos chemins de fer. Cette circonstance s'expliquera sans peine si l'on considère les conditions spéciales auxquelles la machine à vapeur devait satisfaire pour servir à traîner sur la terre les hommes

et les fardeaux. Les seules machines à vapeur connues et employées dans l'industrie jusqu'au commencement de notre siècle furent les machines à condensation. Or, on ne pouvait songer à les appliquer aux transports sur les routes, car l'énorme quantité d'eau employée au seul usage de la condensation de la vapeur aurait surchargé la voiture au point de l'empêcher de se traîner elle-même. Il fallait, pour résoudre ce problème, posséder un appareil moteur présentant tout à la fois un poids très-faible, un volume médiocre et une puissance considérable. Les machines à haute pression réunissent ces conditions précieuses, mais elles ne furent en usage que vers l'année 1801; ce n'est donc qu'à partir de ce moment que l'on put sérieusement s'occuper d'appliquer la puissance de la la locomotion terrestre.

Cependant cette vérité ne s'est pas toujours montrée tellement évidente, que quelques mécaniciens n'aient essayé, avant cette époque, d'aborder le problème de la locomotion par la vapeur. Mais ces tentatives sans portée méritent à peine un souvenir. C'est ainsi qu'en 1759, le docteur Robison, alors élève à l'université de Glascow, s'était proposé d'appliquer la vapeur à faire tourner les roues des voitures, et que James Watt, en 1784, donna, dans un de ses brevets, la description d'une machine à condensation applicable au même objet. Mais ces deux savants avaient l'un et l'autre une connaissance trop approfondie de ces questions pour ajouter aucune importance à une idée de ce genre; ils ne tardèrent pas à abandonner leur projet.

Il en fut autrement d'un ingénieur français, nommé

Cugnot, qui, méconnaissant la gravité des obstacles qu'il allait rencontrer, fit de longs et inutiles essais pour construire des chariots mis en mouvement par la vapeur. Loin de contribuer, comme on le prétend aujourd'hui, à la découverte de la locomotion par la vapeur, ce mécanicien ne fit que la retarder par suite de son échec.

Joseph Cugnot, né à Void, en Lorraine, le 25 septembre 1725, avait vécu pendant toute sa jeunesse en Allemagne, où il servait en qualité d'ingénieur. Il passa ensuite dans les Pays-Bas, pour entrer au service du prince Charles. Un ouvrage sur les *Fortifications de campagne* et un nouveau modèle de fusil, qui fut accueilli par le maréchal de Saxe et adopté pour l'armement des hulans, lui valurent une certaine notoriété dans son art. Encouragé par ces premiers succès, il s'occupa, à Bruxelles, de construire des chariots qu'il désignait sous le nom de *fardiers à vapeur*, et qu'il destinait au transport du matériel de l'artillerie. Il se rendit à Paris, en 1763, pour y continuer ses recherches. Au bout de plusieurs années de travaux, il réussit à construire un modèle encore fort imparfait de ce genre de machines, qui fut soumis en 1769 à l'examen de Gribeauval. Un ancien rapport, retrouvé par M. Morin aux archives de l'artillerie, établit d'une manière authentique l'origine de la voiture de Cugnot. Nous en rapportons un extrait :

« En 1769, est-il dit dans ce rapport, un officier suisse, nommé Planta, proposa au ministre Choiseul plusieurs inventions, lesquelles, en cas de réussite, promettaient beaucoup d'utilité.

« Parmi ces inventions, il s'agissait d'une voiture

mue par l'effet de la vapeur d'eau produite par le feu.

« Le général Gribeauval ayant été appelé pour examiner le prospectus de cette invention, et ayant reconnu qu'un nommé Cugnot, ancien ingénieur chez l'étranger et auteur de l'ouvrage intitulé : *Fortification de campagne,* s'occupait alors d'exécuter à Paris une invention semblable, détermina l'officier suisse Planta à en faire lui-même l'examen.

« Cet officier l'ayant trouvée de tous points semblable à la sienne, le ministre Choiseul autorisa l'ingénieur Cugnot d'exécuter aux frais de l'État celle par lui commencée en petit.

« Mise en expérience en présence du ministre, du général Gribeauval et en celle de beaucoup d'autres spectateurs, et chargée de quatre personnes, elle marcha horizontalement; et j'ai vérifié qu'elle aurait parcouru environ 1,800 à 3,000 toises par heure, si elle n'avait pas éprouvé d'interruption.

« Mais la capacité de la chaudière n'ayant pas été assez justement proportionnée avec assez de précision à celle des pompes, elle ne pouvait marcher de suite que pendant la durée de douze à quinze minutes seulement, et il fallait la laisser reposer à peu près la même durée de temps, afin que la vapeur de l'eau reprît sa première force; le four étant d'ailleurs mal fait, laissait échapper la chaleur; la chaudière paraissait aussi trop faible pour soutenir dans tous les cas l'effort de la vapeur.

« Cette épreuve ayant fait juger que la machine exécutée en grand pourrait réussir, l'ingénieur Cugnot eut ordre d'en faire construire une nouvelle, qui fût proportionnée de manière à ce que, chargée d'un

poids de huit à dix milliers, son mouvement pût être continu pour cheminer à raison d'environ 1,800 toises par heure.

« Elle a été construite vers la fin de 1770, et payée à peu près 20,000 livres.

« On attendait les ordres du ministre Choiseul pour en faire l'essai, et pour continuer ou abandonner toutes recherches sur cette nouvelle invention; mais ce ministre ayant été exilé peu après, la voiture est restée là, et se trouve aujourd'hui dans un couvert de l'Arsenal [1]. »

Ce rapport semble établir que les essais définitifs de la voiture de Cugnot ne furent point exécutés. Cependant Bachaumont nous apprend le contraire.

« On a parlé il y a quelque temps, nous dit l'auteur des *Mémoires secrets*, à la date du 30 novembre 1770, d'une machine à feu pour le transport des voitures, et surtout de l'artillerie, dont M. Gribeauval, officier en cette partie, avait fait faire des expériences, qu'on a perfectionnées depuis, au point que mardi dernier la même machine a traîné dans l'arsenal une masse de cinq milliers servant de socle à un canon de 48, du même poids à peu près, et a parcouru en une heure cinq quarts de lieue. La même machine doit monter sur les hauteurs les plus escarpées et surmonter tous les obstacles de l'inégalité des terrains ou de leur abaissement. » Mais cet espoir fut déçu, car la tradition rapporte que dans des essais postérieurs, la violence des mouvements de cette machine ayant empê-

[1] *Rapport adressé au ministre de la guerre le 24 janvier* 1801, par L. N. Rolland, commissaire général de l'artillerie.

ché de la diriger, elle alla donner contre un pan de mur qui fut renversé du choc.

La voiture à vapeur de Cugnot existe encore au Conservatoire des arts et métiers de Paris, où les curieux vont quelquefois la visiter. Quand on examine d'un œil impartial le mécanisme de cet appareil antique, on ne se sent guère disposé à partager l'espèce d'admiration béate dont il est l'objet, en France, depuis quelques années. Malgré tout le respect que commande sa vue, il est permis de ne voir dans ce patriarche des locomotives qu'une assez pauvre création. La voiture de Cugnot était mise en mouvement par une machine à vapeur à simple effet. Elle se composait de deux cylindres de bronze disposés verticalement, et dans lesquels la vapeur introduite par un tube se trouvait mise en communication tantôt avec la chaudière pour recevoir la vapeur, tantôt avec l'air pour chasser dehors cette vapeur quand elle avait produit son effet. La chaudière, disposée à l'avant de la voiture, présentait la forme d'un sphéroïde aplati; le foyer, à peu près concentrique à la chaudière, était disposé au-dessous. Tout ce système reposait sur trois roues : celle de devant était la roue motrice, qui recevait l'action du piston; les deux autres ne servaient qu'à maintenir l'équilibre.

La machine à vapeur à simple effet n'avait pu s'appliquer, comme nous l'avons vu, à la propulsion des bateaux. A plus forte raison devait-elle échouer pour la locomotion sur la terre, où un frottement plus actif et mille autres difficultés venaient encore gêner son action. Ajoutons que Cugnot ne s'était pas inquiété des moyens de remplacer l'eau à mesure qu'elle dis-

paraissait en vapeur, de telle sorte qu'au bout d'un quart d'heure tout mouvement se trouvait arrêté. Il fallait remplir de nouveau la chaudière, et la marche de la voiture n'était rétablie que lorsque la vapeur avait acquis une tension suffisante. Cette circonstance suffisait à elle seule pour empêcher toute application. On ne peut donc citer qu'avec défaveur les travaux de Cugnot. C'est qu'il ne suffit point, dans l'industrie ou dans les arts, de se poser en face d'un problème à résoudre; il faut savoir reconnaître, avant de l'aborder, si la science fournit les moyens de triompher des difficultés qu'il présente. Quand l'état d'imperfection des procédés dont l'industrie dispose rend manifestement un projet irréalisable, c'est le signe d'un faux esprit que d'y persévérer. Lorsque Cugnot entreprit ses recherches, la machine à vapeur était depuis soixante ans en usage dans l'industrie. La pensée était venue à beaucoup de mécaniciens d'appliquer un si puissant moteur à faire marcher les voitures, mais, après mûr examen, ce projet avait été reconnu impraticable. Quel genre de reconnaissance pourrions-nous donc conserver à celui qui n'eut d'autre mérite que de persister, en dépit de l'évidence, dans une entreprise condamnée avec raison par tous les bons esprits de son époque?

Un essai avorté compromet toujours l'avenir d'une idée scientifique. Le mauvais effet que produisit l'échec de Cugnot retarda notablement la découverte de la locomotion par la vapeur, en détournant les mécaniciens de son étude. Trente années s'écoulèrent, pendant lesquelles ce genre de recherches fut totalement abandonné. La découverte des machines à haute

pression put seule ramener l'attention sur ce problème, en raison des facilités évidentes qu'elle apportait à sa solution.

Dans l'histoire des applications de la vapeur à l'industrie et à la navigation, nous n'avons pu parler que d'une manière incomplète de la machine à haute pression dont les applications sont toutes modernes; c'est donc ici le lieu de tracer l'historique abrégé de sa découverte.

La première idée des machines à haute pression a été émise par Leupold vers 1725. Dans son célèbre recueil [1], le physicien allemand donne la description de deux machines à feu propres à l'élévation des eaux, qui ne sont autre chose que des machines à haute pression. La première, qu'il annonce sous ce titre : *Double machine à feu pour élever l'eau par expansion, d'après le procédé de Papin,* ressemble beaucoup à la seconde machine à vapeur du physicien de Blois. A l'exemple de Savery et de Papin, Leupold se sert de la pression de la vapeur pour élever de l'eau dans un réservoir et la faire retomber de là sur les augets d'une roue hydraulique; seulement, après que la vapeur a exercé sa pression, il la rejette dans l'air. Sa seconde machine n'est plus consacrée à comprimer une colonne d'eau, mais, comme celle de Newcomen, à faire mouvoir la tige d'une pompe qui élève des eaux. C'est une véritable machine à haute pression; un robinet à quatre ouvertures sert à introduire la vapeur dans deux cylindres disposés l'un près de

[1] *Theatri machinarum hydraulicarum. Tomus II, oder Gehauplatz der Wasser-Künste,* cap. IX. p. 92.

l'autre, et à la rejeter ensuite librement dans l'air. C'est donc à Leupold qu'il faut rapporter l'honneur de la découverte du principe théorique de la machine à haute pression. Contemporain de Papin, de Savery et de Newcomen, il avait eu l'occasion d'étudier leurs appareils et il eut le mérite d'indiquer, dès l'apparition des premières machines de ce genre, un nouveau mode d'emploi de la vapeur qui devait plus tard jouer un si grand rôle dans l'industrie [1].

Cependant le principe découvert par Leupold passa sans exciter l'attention ; perdus dans son volumineux recueil, ses projets de machines restèrent inaperçus. Ajoutons d'ailleurs, qu'il eût été impossible à cette époque de mettre en pratique les idées du physicien allemand, en raison de la nature du métal dont on faisait usage pour la construction des chaudières. La

[1] Leupold paraît avoir compris l'importance que devait acquérir plus tard la machine dont il propose l'usage. Après avoir décrit son second appareil, il ajoute : « Cette machine peut être employée dans le même cas que la précédente... Tout peut être disposé de telle sorte que les robinets s'ouvrent et se ferment d'eux-mêmes, ce que j'omets entièrement à dessein, comme aussi la manière de remplacer l'eau dans la chaudière, parce qu'il ne s'agit ici que d'une esquisse, et qu'il faudrait une étude plus approfondie et des expériences. Je me suis proposé de faire un jour une expérience en grand et un essai, savoir : si l'on pourrait établir avantageusement, de cette manière, une scierie dans une forêt où il y aurait assez de bois et d'eau. Mais comme le temps et l'occasion me manquent pour exécuter tout de suite cette machine, ainsi que d'autres expériences ou recherches coûteuses, j'ai l'espoir qu'il y aura peut-être des amateurs qui saisiront l'occasion que je leur offre pour faire quelques expériences à ce sujet. » (*Von feuer-machinen*, cap. IX. § 201. p. 94.)

voûte des chaudières employées par Newcomen était ordinairement de plomb, et les parties inférieures de cuivre; la présence d'un métal aussi fusible et aussi peu résistant que le plomb n'aurait pas permis de communiquer sans danger à la vapeur des tensions considérables.

Dans la série de ses belles recherches, James Watt ne manqua pas de reconnaître l'importance que pourraient jouer dans l'emploi mécanique de la vapeur les moyens proposés par Leupold. Le célèbre constructeur parle, dans un de ses brevets, de son projet de construire des machines dans lesquelles la vapeur serait chassée au dehors après avoir produit son effet; cependant il n'exécuta jamais aucune machine fondée sur ce principe.

L'honneur d'avoir construit et répandu dans l'industrie les premières machines à haute pression revient à l'Américain Olivier Evans, homme doué d'un remarquable génie mécanique et que ses compatriotes eurent le tort de trop longtemps méconnaître.

L'attention d'Olivier Evans fut dirigée pour la première fois sur les effets de la vapeur par une sorte de jeu familier aux habitants de son pays. Les enfants de l'Amérique s'amusent à boucher avec une forte cheville la lumière d'un canon de fusil, ils versent ensuite un peu d'eau dans le canon et placent par-dessus une bourre fortement pressée. La culasse du canon étant exposée à l'action d'un feu de forge, la cheville finit par être chassée avec une violente détonation. On donne à ce jeu, qui n'est, comme on le voit, que la prétendue expérience du marquis de Worcester, le nom de *pétards de Noël*. Le 2 décembre 1773, Olivier

Evans, alors âgé de dix-huit ans et simple ouvrier charron à Philadelphie, apprit de l'un de ses frères, qui revenait d'une veillée de village, les effets des pétards de Noël. Son esprit en fut vivement frappé, et comme il avait longtemps réfléchi aux moyens de découvrir quelque force motrice autre que celle du vent, des ressorts ou des chevaux, sa jeune imagination s'enflamma à l'idée de créer un nouveau moteur avec la vapeur d'eau, dont l'action lui était jusque-là inconnue. Cependant il ne tarda pas à apprendre que les mécaniciens avaient déjà tiré parti de cette force motrice. La description d'une vieille machine atmosphérique qui lui tomba sous la main, et la lecture de quelques ouvrages incomplets sur les machines à condenseur, le mirent au courant de l'état de la science sur cette question. Il s'étonna à bon droit que l'on n'eût encore employé que pour faire le vide un agent dont la puissance lui semblait sans limites, et sur cette donnée il s'appliqua à combiner des machines nouvelles dans lesquelles la vapeur agissait par sa seule élasticité et se perdait dans l'air après avoir exercé sa pression. Il construisit divers modèles de ce nouveau genre de machines, dans lesquels la vapeur agissait jusqu'à la tension de dix atmosphères.

C'est en appliquant ses idées sur la haute pression, qu'Olivier Evans imagina, en 1782, ces admirables moulins à farine mus par la vapeur, dont les États-Unis ont retiré et retirent encore de si grands services. Il essaya bientôt après de construire, suivant les mêmes principes, une voiture marchant par l'effet de la vapeur. En 1786, il adressa à la législature de l'État de Pensylvanie la demande d'un double privi-

lége pour ses moulins à farine et pour une voiture à vapeur. Sa première requête fut bien accueillie, mais la pauvre chambre de Pensylvanie ne comprit rien à la seconde, et ne pouvant se décider à prendre au sérieux le projet d'une voiture qui marcherait sans chevaux, elle ne voulut pas même en faire mention dans son rapport : « Entre nous, disaient les membres de la commission, le cher Olivier n'a pas la tête saine. » Il revint à la charge, dix ans après; mais mieux inspiré cette fois, il s'adressa à la législature de Maryland. Le parlement de cet État céda à ses sollicitations. Un privilége pour la construction de chariots à vapeur lui fut concédé le 21 mai 1797, non toutefois sans l'expression d'un doute très-prononcé, et « vu, disait le rapport, que cela ne peut nuire à personne. »

Cette approbation équivoque ne pouvait guère encourager les capitalistes à entrer dans l'entreprise d'Olivier Evans. Toutes les bourses se fermèrent devant le songe-creux qui rêvait des voitures sans chevaux. Si mal accueilli de ses compatriotes, Evans se décida à envoyer à Londres les plans de sa machine et des divers moyens qu'il comptait mettre en œuvre. Il désirait trouver en Angleterre quelque capitaliste qui consentît à prendre un brevet, en partageant avec lui les bénéfices de l'exploitation. Mais on lui répondit de Londres que personne n'ajoutait foi à ses idées.

Cependant, vers l'année 1800, ayant amassé une petite somme, Olivier Evans se détermina à commencer à ses frais la construction de sa voiture à vapeur. On s'occupait beaucoup à Philadelphie de la machine

qu'il était en train de construire, mais ce n'était que pour la tourner en ridicule, et la plupart des personnes instruites qui venaient visiter ses ateliers traitaient ouvertement son projet de folie. Un ingénieur, qui jouissait d'un certain renom, voulut donner à ce blâme public la sanction scientifique, et dans un mémoire qu'il présenta à la *Société philosophique* de Philadelphie, il essaya de prouver qu'il était impossible qu'une voiture roulât jamais par l'action de la vapeur. Heureusement pour son crédit futur, la Société ne laissa pas imprimer cette assertion et biffa la partie de ce travail où elle se trouvait émise, « attendu, dit-elle, avec beaucoup de sens, qu'on ne peut assigner de bornes au possible. »

En dépit de l'opposition et des critiques qu'il soulevait, Olivier Evans s'occupa de terminer ses divers appareils, et vers la fin de 1800, ayant dépensé jusqu'à son dernier dollar en expériences, il eut la satisfaction de voir sa voiture à vapeur marcher dans les rues de Philadelphie. Mais son contentement devait s'arrêter là. Lorsqu'il fut question de fonder une entreprise pour construire de semblables voitures et les affecter à un service de roulage, personne ne se montra disposé à courir les chances d'une affaire si nouvelle, de telle sorte qu'au bout de plusieurs années d'efforts et de sollicitations inutiles, Evans se vit contraint de renoncer sans retour au projet qu'il poursuivait depuis vingt ans. Il revint donc aux travaux ordinaires de sa profession de constructeur de machines à vapeur, et se consacra d'une manière toute spéciale à fabriquer des machines à haute pression. Il fonda à Philadelphie de grands ateliers pour leur

confection; son fils dirigeait à Pittsburgh un établissement semblable. Les nombreux appareils à haute pression qu'il répandit dans les États-Unis finirent par démontrer avec évidence la vérité trop longtemps contestée de ses assertions, et bien que cet enthousiaste inventeur s'exagérât beaucoup la puissance des effets dynamiques de la vapeur à haute pression, on peut dire que c'est à lui seul qu'il faut rapporter l'honneur des innombrables services que ce genre de machines rend aujourd'hui à l'industrie et aux arts.

Cependant Olivier Evans ne devait pas être témoin de l'extension prodigieuse que ses idées ont reçue. Le 11 mars 1819, un incendie considérable réduisit en cendres son établissement de Pittsburg et anéantit pour plus de cent mille francs de machines. Ce désastre fut pour lui le coup de la mort; il expira quatre jours après.

Les machines à haute pression ont eu beaucoup de peine à s'introduire en Europe, et la lutte a duré longtemps entre la machine à condenseur, sortie des ateliers anglais, et les machines à haute pression, d'origine américaine. La machine de Watt, création éminemment nationale, s'était pour ainsi dire identifiée avec l'industrie de la Grande-Bretagne, qui avait engagé dans son exploitation des capitaux immenses. Il était cependant difficile de méconnaître, dans certains cas spéciaux, les avantages de ces nouveaux appareils, qui n'exigent qu'un emplacement exigu et qui, avec un mécanisme des plus simples, développent une puissance extraordinaire. Deux constructeurs du Cornouailles, Trevithick et Vivian, adoptant

les premiers les idées d'Olivier Evans, construisirent, dès l'année 1801, des machines à haute pression. Frappés bientôt des avantages qu'elles offraient pour l'application de la vapeur à la locomotion, ils essayèrent, à l'exemple d'Olivier Evans, de construire des voitures mises en mouvement par de la vapeur à haute pression. Ayant réussi dans cette tentative, ils obtinrent un brevet pour exploiter à leur profit des voitures à vapeur destinées à marcher sur les routes ordinaires.

La voiture à vapeur de Trevithick et Vivian présentait à peu près la forme de nos diligences. Entre les grandes roues, et par conséquent à l'arrière, se trouvait un large et solide châssis de fer, fixé sur l'essieu, qui supportait une chaudière et un cylindre à vapeur. Ce cylindre, disposé horizontalement et dans la direction de l'axe de la route, se terminait par une tige ou bielle qui imprimait un mouvement de rotation à un axe coudé, lequel, par l'intermédiaire d'un engrenage, faisait tourner les roues de derrière. Les roues de devant, qui présentaient la forme habituelle, pouvaient se mouvoir en tous sens. Pour suivre les diverses inflexions de la route, pour aller à droite, à gauche, etc., le mécanicien pouvait arrêter l'engrenage de l'une des grandes roues motrices; dès lors, la roue opposée agissait seule et permettait d'imprimer à la voiture la direction convenable. Un frein disposé contre le volant de la machine à vapeur modérait la vitesse dans les descentes trop rapides.

Le curieux appareil de Trevithick et Vivian offrait diverses combinaisons très-ingénieuses; cependant il était impossible qu'il triomphât des difficultés infinies

que présente la progression, sur les grandes routes, des voitures à vapeur. Le frottement énorme qui s'opère à la circonférence des roues oppose un obstacle des plus graves à ce genre de locomotion : il est reconnu que sur les meilleures routes, la résistance à vaincre, par suite du frottement, représente les quatre centièmes du poids à transporter, et s'il s'agit de franchir une rampe de 3 centimètres, ce qui arrive fréquemment, elle s'élève aux sept centièmes de la charge. On peut sans doute surmonter cette résistance en faisant usage de machines plus puissantes, mais chaque nouveau poids ajouté augmente encore le frottement, qui croît, dans ce cas, en proportion de la pesanteur. Cette difficulté n'existe pas sur les bateaux, dans lesquels on peut à volonté augmenter la puissance des machines motrices, car les poids les plus lourds sont soutenus par l'eau, sans que la résistance que le frottement oppose à la marche du bâtiment s'accroisse en proportion de ces poids. Enfin la locomotion par la vapeur présente sur la terre d'autres difficultés qui sont tout aussi graves. Les chocs inévitables qui résultent des inégalités du terrain y compromettent à chaque instant le jeu et la conservation de la machine, et la difficulté de contenir et de régler la marche d'une semblable voiture, sur un chemin livré à tous les embarras de la circulation publique, vient encore ajouter à ces dangers.

Trevithick et Vivian ne tardèrent pas à reconnaître leur impuissance à triompher de tels obstacles. Après un grand nombre d'essais infructueux, ils se virent obligés de renoncer à leur projet de lancer des voitures à vapeur sur les grandes routes. Désireux néan-

moins de ne pas perdre tout le fruit de leurs travaux, ils songèrent à établir leur machine sur les chemins à rails de fer, qui depuis fort longtemps étaient en usage dans plusieurs mines de l'Angleterre, soit pour transporter la houille dans l'intérieur des galeries, soit pour l'amener aux lieux de consommation. Quelques essais leur suffirent pour reconnaître qu'une voiture à vapeur pourrait offrir, dans ce cas, quelques avantages, et en mars 1802, ils obtinrent un brevet leur conférant le privilége de l'emploi de ces voitures sur les chemins à rails. Ils n'ajoutaient cependant qu'une assez faible importance à ce projet, par suite de l'opinion unanimement admise à cette époque, que les roues d'une voiture portant sur des rails de fer ne pourraient y trouver assez de frottement ou de prise pour marcher avec une certaine vitesse. La lenteur qui semblait une condition forcée de ce système de locomotion paraissait devoir restreindre beaucoup son emploi et le réduire au service des mines. L'emploi de la machine de Trevithick sur les chemins à rails ne fut donc qu'une sorte de pis-aller, une manière de tirer quelque parti des résultats d'une tentative évidemment avortée. On ne soupçonnait guère en ce moment les prodiges que l'expérience et l'étude devaient faire sortir un jour de cette entreprise à demi abandonnée.

CHAPITRE II.

Origine des chemins à rails.—Chemins à rails de bois des mines de Newcastle. — Chemins à rails de fer. — Emploi de la locomotive de Trevithick et Vivian sur le chemin de fer de Merthyr-Tydvil. — Erreur théorique sur la progression des locomotives. — Système de MM. Blenkinsop, Chapman et Brunton. — Expériences de M. Blackett. — Progrès dans la construction des locomotives. — Découverte des chaudières tubulaires par M. Seguin.

Les routes à ornières artificielles, sur lesquelles Trevithick et Vivian crurent devoir reléguer leur voiture, se trouvaient, depuis longues années, en usage en Angleterre. Pour diminuer les effets du frottement et de la résistance que les roues des voitures ont à surmonter sur le sol inégal des chemins, on avait eu l'idée de les assujettir à tourner sur des bandes de bois parallèles, disposées sur toute l'étendue de la distance à franchir. On ignore l'époque précise du premier établissement de ces voies artificielles, qui furent employées pour la première fois à Newcastle. On sait seulement qu'elles existaient vers la fin du XVIIe siècle. Un ouvrage publié en 1676, la *Vie de lord Keepernoth*, nous fait connaître, en effet, l'existence, à cette époque, de chemins à rails de bois dans les houillères de Newcastle. « Les transports, dit l'auteur de cet ouvrage, s'effectuent sur des rails de bois parfaitement droits et parallèles, établis le long de la route depuis la mine jusqu'à la rivière; on emploie sur ce genre de chemin de grands chariots portés par

quatre roues, qui reposent sur les rails. Il résulte de cette disposition tant de facilité dans le tirage, qu'un seul cheval peut descendre de quatre à cinq *chaldrons;* ce qui procure aux négociants un immense avantage. » Cette observation de notre auteur était parfaitement fondée; on comprend sans peine tous les bénéfices que devait fournir, pour l'économie de la force motrice, la substitution d'une surface plane et polie aux inégalités des routes ordinaires. Aussi l'emploi de ces ornières artificielles donna-t-il les meilleurs résultats dans les mines de Newcastle. Les immenses transports que l'on y faisait, de l'orifice des mines au lieu de chargement, sur la Tyne, rendaient précieux à divers titres cet ingénieux système. Un cheval pouvait traîner sur ces rails une charge presque triple de celle qu'il transportait sur une route ordinaire. Les rails employés à cette époque étaient faits de bois de chêne ou de sapin; ils avaient ordinairement 1^{m},8 de longueur, et portaient sur quatre traverses placées à 60 centimètres les unes des autres.

Les chemins à rails de bois, employés à Newcastle, furent adoptés dans quelques gisements houillers des comtés de Durham et de Northumberland, et dans quelques autres provinces de l'Angleterre. Leurs frais d'établissement et d'entretien étaient considérables, mais ils étaient bientôt couverts par l'économie des transports.

Ce genre de chemin offrait cependant divers inconvénients. Le frottement des roues usait les rails avec assez de rapidité, il fallait les renouveler souvent, et comme la voie devait toujours conserver la même largeur, on était obligé de fixer les nouvelles pièces de

bois aux mêmes points d'attache, ce qui provoquait une détérioration rapide des traverses. L'action des pieds des chevaux sur le milieu de la route, où les supports se trouvaient à découvert, hâtait encore cette détérioration. Enfin, par suite de la flexibilité du bois, les rails cédaient aisément au poids des chariots, et quand la pluie les avait pénétrés, ils offraient une résistance assez prononcée au tirage.

Le peu de résistance et de durée des rails de bois fit naître l'idée de les revêtir de bandes de fer, dans les parties de la route qui présentaient des courbes ou des pentes trop prononcées. Ainsi modifié, ce système de transport fut bientôt adopté dans la plupart des exploitations houillères de la Grande-Bretagne. Bien qu'imparfait à divers égards, il fut conservé pendant plus de soixante ans sans modification notable.

On finit cependant par reconnaître les avantages que donnait, pour la diminution du frottement, les plaques de fer appliquées sur les rails de bois, en certains points de la route. Cette observation suggéra l'idée de généraliser l'emploi du fer, et de remplacer, sur toute l'étendue du chemin, les rails de bois par des bandes métalliques. Aux madriers ferrés, on substitua donc des rails coulés en fonte. Cette amélioration importante fut essayée pour la première fois en 1738, et adoptée trente ans après d'une manière définitive. C'est ce qui résulte d'un passage des *Transactions highland Society* : « En 1738, est-il dit dans ce recueil, les rails de fonte furent, pour la première fois, substitués aux rails de bois; cet essai ne réussit pas complétement, parce que l'on continua à employer les chariots de forme ancienne, dont la charge était trop

forte pour la fonte. Néanmoins, vers 1768, on eut recours à un moyen fort simple; on construisit un certain nombre de chariots de plus petite dimension, on les joignit ensemble, et en divisant ainsi la charge, on détruisit la cause principale du peu de succès de la première tentative[1]. » Cette heureuse innovation de l'emploi de la fonte fut réalisée, en 1768, par l'ingénieur William Reynolds, l'un des propriétaires de la grande fonderie de Colerook-Dale, dans le Shropshire.

Les rails de fonte employés par Reynolds présentaient à l'extérieur un rebord saillant destiné à fixer et à maintenir la roue du waggon de manière à l'empêcher de sortir de la voie. Mais la poussière ou la boue du chemin s'accumulaient entre le rebord et le rail, et amenaient ainsi sur les routes ferrées une partie des inconvénients des routes ordinaires. En 1789, sur le chemin de fer de Loughboroug, W. Jessop remplaça les rails à rebords par des rails droits, c'est-à-dire par une simple bande de fer; seulement, pour assurer le maintien du waggon sur le rail, on arma les roues d'un rebord saillant de 1 pouce de largeur, ce qui le maintenait invariablement dans cette sorte d'ornière artificielle formée aux dépens de la roue même du waggon. Depuis 1789 jusqu'à l'année 1811, tous les rails employés en Angleterre pour le service des mines furent construits d'après ces principes. Le seul perfectionnement que les voies ferrées présentèrent depuis cette époque consista dans la substitution du fer à la fonte. La fabrication du fer ayant reçu

[1] *Transactions highland Society*, vol. VI, p. 7.

dans cet intervalle des perfectionnements qui eurent pour effet d'abaisser de beaucoup le prix de ce métal, cette substitution importante put être enfin réalisée : la malléabilité et la ténacité du fer, comparées à celle de la fonte, offraient des conditions précieuses pour la résistance et la solidité des rails.

Les chemins de fer ainsi construits existaient en assez grand nombre en Angleterre, lorsque Trevithick et Vivian obtinrent leur brevet pour l'emploi des voitures à vapeur sur les routes ferrées. Leur locomotive, qui fut adoptée en 1804 sur le chemin de fer de Merthyr-Tydvil, ne différait que fort peu de la diligence à vapeur qu'ils avaient construite pour les routes ordinaires. Elle se composait d'un seul cylindre disposé horizontalement ; le piston transmettait son mouvement aux roues à l'aide d'une bielle et de deux engrenages.

Trevithick et Vivian recommandaient dans leur brevet de garnir quelques aspérités ou rainures transversales de la jante des roues de la locomotive, afin de provoquer plus de frottement, et de remédier ainsi au glissement de la roue sur la surface polie du rail. Ils proposaient même, quand la résistance serait considérable, de placer sur la circonférence des roues une sorte de cheville ou de griffe ayant prise sur le sol. En effet, tous les savants admettaient à cette époque, que la principale difficulté qui devait s'opposer à l'emploi des locomotives sur les chemins de fer consistait dans le défaut d'adhésion des roues sur les rails ; on pensait que la surface unie de ces bandes métalliques n'offrait pas assez de frottement pour que la roue pût y trouver une prise suffisante, et l'on

concluait que l'action de la vapeur aurait seulement pour effet de faire tourner les roues sur place sans entraîner leur progression : « Entre deux surfaces planes, disent Trevithick et Vivian, dans un mémoire sur ce sujet, l'adhésion est trop faible : les voitures sont exposées à glisser, et la force d'impulsion est perdue. » C'est pour cela qu'ils recommandaient de rendre, autant que possible, inégale et raboteuse, la jante des roues de leur locomotive. Cette idée inexacte avait été émise par suite d'une simple vue de l'esprit et sans aucune expérience préalable. Cependant, adoptée sans autre examen par tous les ingénieurs, elle constitua dès ce moment l'obstacle devant lequel la science des chemins de fer resta longtemps stationnaire.

Cette aberration des savants fournit un exemple singulier des conséquences fâcheuses auxquelles peut conduire une opinion théorique formée hors du domaine de l'expérience. Depuis la construction de la première locomotive de Trevithick, tous les efforts des praticiens s'appliquèrent à triompher d'un obstacle imaginaire, et l'on fut amené par là à toute une série d'inventions malheureuses et de créations bizarres dont nous abrégerons la triste nomenclature. C'est ainsi qu'en 1811, M. Blenkinsop, directeur du chemin de fer des houillères de Middleton, imagina un système de locomotive dans lequel les roues n'avaient plus d'autre fonction que de supporter l'appareil moteur ; l'un des rails était pourvu de dents, et sur cette crémaillère venait engrener une roue dentée mise en mouvement, à l'aide de renvois convenables, par le piston de la machine à vapeur. Ces dentelures

devaient, on le comprend sans peine, augmenter singulièrement les effets de la résistance et du frottement. Cependant, le système de M. Blenkinsop servit plus de douze années aux transports de la houille. En 1812, William et Edward Chapman substituèrent à la crémaillère de Blenkinsop un système tout aussi vicieux : ils placèrent au milieu de la voie, et de distance en distance, divers points fixes sur lesquels la locomotive était remorquée par une machine à vapeur à l'aide d'une corde qui s'enroulait sur une espèce de tambour; le câble était détaché aussitôt que la locomotive était arrivée à chacun des points fixes échelonnés sur la route. Ce procédé fut quelque temps employé sur le chemin de fer de Heaton, près Newcastle. Enfin, en 1813, un ingénieur d'ailleurs fort distingué, M. Brunton, alla jusqu'à faire agir la puissance de la vapeur, non pas sur les roues de la locomotive, mais sur des espèces de béquilles mobiles qui, pressant contre le sol et se relevant ensuite, comme la jambe d'un cheval, poussaient en avant la voiture. Il y avait dans cette étrange disposition de quoi briser en mille pièces, par suite des secousses, les plus robustes machines. Un accident arrivé à la chaudière empêcha de continuer les essais.

On aurait pu longtemps encore tourner, sans de meilleurs résultats, dans le cercle de ces difficultés imaginaires. Heureusement on se décida à finir par où l'on aurait dû commencer. En 1813, un ingénieur mieux avisé que le reste de ses confrères, M. Blackett, se proposa de rechercher quel était le degré d'adhérence des roues d'une locomotive sur la surface des rails, et de déterminer par expérience la quantité

de force que faisait perdre le glissement de la roue. Les circonstances vinrent à son aide, car les rails du chemin de fer de Wylam, sur lequel il fit ses essais, étaient plats et d'une grande largeur, au lieu d'offrir la section elliptique et la faible surface que présentaient alors la plupart des rails établis dans les mines de l'Angleterre. Grâce à cette particularité, et peut-être aussi par suite du poids considérable de la locomotive dont il faisait usage, M. Blackett fut amené à reconnaître qu'en raison des aspérités qui existent toujours sur la surface du fer, quelque unie qu'elle soit par le frottement, les roues de la locomotive peuvent mordre suffisamment sur le rail pour y prendre un point d'appui. Il constata, par une série d'expériences, que le poids de la locomotive suffit pour déterminer l'adhésion des roues, s'opposer à leur rotation sur place, et provoquer ainsi la marche des plus lourds convois.

J'ignore si la légende qui représente Archimède s'élançant, à demi nu, dans les rues de Syracuse en criant : *Eureka*, est parfaitement authentique; en revanche, on me dirait qu'à la vue du résultat de ses expériences, l'honorable M. Blackett se livra à un pareil accès de joie et de folie, je le croirais sans trop de peine. En effet, l'obstacle en apparence si grave, qui arrêtait depuis dix ans la science des chemins de fer, venait de disparaître en un moment, et les locomotives, qui n'avaient été admises sur les chemins à rails qu'à contre-cœur et comme pis-aller, étaient en mesure de fournir dans un intervalle prochain des résultats devant lesquels l'imagination aurait reculé jusqu'à cette époque. Moins d'une année après les

expériences de M. Blackett, la première locomotive qui ait fonctionné avec succès sur une ligne de fer sortait des ateliers de George Stephenson. Elle fut construite, en 1814, dans les houillères de Killingworth. L'année suivante, Stephenson et Dodd perfectionnèrent ce premier modèle; les modifications introduites dans son mécanisme ne permettaient cependant que d'atteindre la faible vitesse d'une lieue et demie à l'heure.

Deux compagnies anglaises ont fait ériger une statue monumentale de bronze à George Stephenson, comme *inventeur principal* des locomotives. Nous ne contesterons pas la convenance d'un tel hommage rendu à l'homme éminent qui, simple ouvrier mineur, parvint, par de longues études accomplies au milieu de ses pénibles travaux, à s'élever au rang des premiers ingénieurs de son pays. On ne peut cependant s'empêcher de remarquer que la locomotive construite par George Stephenson, en 1815, était loin de présenter la solution complète du problème de la locomotion par la vapeur, et qu'elle ne différait que fort peu, dans ses conditions essentielles, de la machine construite par Trevithick dix années auparavant. La chaudière de la locomotive de Stephenson offrait une forme cylindrique allongée; elle avait 2m,44 de long sur 1m,86 de diamètre. Un tube horizontal de 0m,50 de diamètre, servant à loger le combustible, la traversait intérieurement. De cette chaudière partaient deux cylindres disposés verticalement, et qui communiquaient le mouvement aux deux essieux de la voiture au moyen de deux tiges appliquées aux extrémités d'une traverse, comme

dans la machine de Trevithick et Vivian. Le jeu des deux pistons agissant sur chaque essieu était croisé de manière à ne pas laisser d'interruption dans l'action motrice.

Ces premières locomotives de George Stephenson furent employées sur le chemin de fer des usines de Killingworth. Elles servirent ensuite à traîner les convois de charbon sur le chemin de fer de Darlington à Stokton. Ce dernier chemin avait été établi en 1815 pour servir au transport des houilles provenant de Darlington; on avait d'abord employé des chevaux, on leur substitua ensuite la locomotive de Stephenson. Cependant, par suite de la faiblesse de la machine, les convois ne marchaient qu'avec beaucoup de lenteur; ils employaient ordinairement quatre heures à parcourir la distance de sept lieues qui sépare la plaine de Brusselton de la ville de Stokton; au retour, les chariots vides mettaient cinq heures à faire le même trajet, en raison d'une faible pente qu'il fallait remonter.

Les chemins de fer commençaient donc à rendre quelques services à l'industrie : ils servaient à transporter la houille et certaines marchandises avec plus d'économie que le roulage. Mais ce système était encore dans l'enfance, il ne pouvait fonctionner qu'avec une lenteur extrême, et rien n'annonçait les prodiges qu'il devait réaliser dans un délai peu éloigné.

Par quel coup de baguette magique cette invention, si languissante depuis son origine, subit-elle la transformation inespérée dont nous admirons aujourd'hui les résultats? Comment les locomotives, qui n'avaient pu servir encore qu'au transport des marchandises,

se trouvèrent-elles, une année après, susceptibles de s'appliquer au transport des voyageurs en réalisant une vitesse qui, jusqu'à ce moment, aurait paru fabuleuse? Cette révolution fut opérée tout entière par une simple modification apportée à la forme des chaudières des locomotives. La découverte des *chaudières tubulaires* vint changer brusquement la face des chemins de fer, car son application permit d'obtenir immédiatement sur ces voies artificielles une vitesse de douze lieues à l'heure. Ce ne sera pas pour notre pays un faible titre de gloire, cette découverte mémorable appartient à un ingénieur français.

La compagnie propriétaire des gisements houillers de Saint-Étienne et de Rive-de-Gier avait obtenu, en 1826, l'autorisation d'établir une route ferrée pour faciliter le transport des charbons de Saint-Étienne à Lyon. Ce chemin de fer devait être desservi par des chevaux ou par des machines fixes remorquant les convois sur les pentes trop roides. L'art de construire les locomotives ne s'était pas encore introduit en France; la compagnie du chemin de fer de Saint-Étienne fit donc acheter, en 1829, deux locomotives à Manchester, dans les ateliers de Stephenson. L'une d'elles fut envoyée comme objet d'étude à M. Hallette, constructeur de machines à Arras; l'autre fut amenée à Lyon pour servir de modèle à celles que devait y faire construire M. Seguin, directeur du chemin de fer de Saint-Étienne. A la suite des différents essais auxquels ces machines furent soumises, on reconnut que leur vitesse moyenne ne dépassait pas six kilomètres à l'heure. C'est alors que M. Seguin, frappé de l'insuffisance de cette vitesse, fut amené à en recher-

cher la cause. Le vice de la locomotive de Stephenson résidait, comme il le reconnut sans peine, dans la forme de la chaudière. La force d'une machine à vapeur dépend de la quantité de vapeur qu'elle produit dans un temps donné; or, comme nous l'avons vu, la quantité de vapeur fournie par une chaudière est proportionnelle à l'étendue de la surface que celle-ci présente à l'action du feu. Dans la chaudière de Stephenson, cette surface était insuffisante, car le foyer, placé dans l'axe de la chaudière, ne pouvait agir que sur la partie cylindrique qui l'enveloppait. Le problème du perfectionnement des locomotives consistait donc à accroître la quantité de vapeur fournie par le générateur, sans augmenter ses dimensions au delà de certaines limites. M. Seguin donna une solution des plus heureuses de cette grave difficulté. Il fit traverser la chaudière par une nombreuse série de tubes d'un très-petit diamètre, dans l'intérieur desquels venaient circuler l'air chaud et la fumée qui s'échappaient du foyer. La surface offerte à l'action du feu devenait ainsi infiniment considérable; avec un générateur de dimensions ordinaires, on pouvait offrir une surface de plus de 150 mètres à l'action de la chaleur. L'air chaud, traversant ces tubes, vaporisait rapidement l'eau qui remplissait leurs intervalles, et provoquait, dans un temps très-court, le développement d'une énorme quantité de vapeur. Les chaudières des premières locomotives de M. Seguin contenaient quarante-trois de ces tubes; on ne tarda pas à les porter jusqu'à soixante et quinze, et plus tard jusqu'à cent et même cent vingt-cinq.

Il restait cependant une autre difficulté à surmon-

ter. On ne pouvait employer sur les locomotives que des cheminées d'une hauteur médiocre, car les longues cheminées en usage dans nos usines pour activer la combustion auraient compromis la stabilité de tout le système, et obligé d'accroître au delà de toute proportion raisonnable les dimensions des ponts et des souterrains traversés par les convois. Or, il était à craindre qu'avec de courtes cheminées le tirage ne s'établit qu'avec beaucoup de peine au milieu de cette longue série de tubes étroits traversés par le courant d'air chaud. M. Seguin triompha de cette seconde difficulté en disposant devant le foyer un ventilateur destiné à provoquer un tirage artificiel. Ce ventilateur, mis en mouvement par la machine elle-même, fut d'abord placé sous le foyer; on le transporta ensuite dans la cheminée. « Le plus grand obstacle que j'entrevoyais, dit M. Seguin [1], à l'accomplissement de mon projet, était la difficulté de parvenir à obtenir, dans le foyer, un courant d'air assez fort pour déterminer les produits de la combustion à passer au travers des tubes qui remplaçaient la cheminée de la chaudière. Je craignais que la faiblesse de leur diamètre, en augmentant les surfaces, ne causât assez de retard dans la marche de l'air pour anéantir entièrement le tirage. Il fallait donc avoir recours à un moyen d'alimentation artificielle absolument indépendant du tirage de la cheminée. C'est ce que j'obtins au moyen des ventilateurs à force centrifuge; après quelques essais, je parvins à produire jusqu'à 1,200 kilogrammes de vapeur à l'heure, en employant des chau-

[1] *De l'influence des chemins de fer et de l'art de les tracer et de les construire*, p. 429.

dières de 3 mètres de longueur sur $0^{m},80$ de diamètre, renfermant quarante-trois tuyaux de $0^{m},04$ de diamètre [1]. »

Le ventilateur de M. Seguin était néanmoins peu commode et entraînait divers inconvénients. L'important problème d'activer le tirage de la cheminée des locomotives fut résolu beaucoup plus heureusement par une idée admirable dont on a fait honneur à un physicien français, M. Pelletan, mais qui était connue en Angleterre bien longtemps avant lui. Robert Stephenson paraît l'avoir appliquée le premier aux locomotives. Au lieu de provoquer le tirage par l'emploi d'un ventilateur mécanique, Stephenson dirigea dans l'intérieur du tuyau de la cheminée *le jet de vapeur qui s'échappe des cylindres après avoir produit son action.* Au lieu de rejeter simplement dans l'atmosphère la vapeur à haute pression quand elle a produit son effet mécanique, il la lançait dans la cheminée. Comment ce moyen peut-il servir à activer le tirage du foyer? La vapeur dirigée dans la cheminée s'y condense subitement, cette condensation produit aussitôt un vide dans cet espace; l'air arrivant du foyer se précipite aussitôt pour le remplir, et grâce à cet artifice si simple, le tirage acquiert une activité extrême. Les chaudières tubulaires et l'injection de la vapeur dans la cheminée sont les deux découvertes capitales qui ont contribué à donner à la machine locomotive la puissance extraordinaire de vitesse qui la distingue aujourd'hui.

[1] M. Seguin obtint en France, le 20 décembre 1829, un brevet pour la construction des chaudières tubulaires et pour l'application d'un ventilateur mécanique au foyer des locomotives.

Cependant la belle invention de Seguin n'aurait peut-être que très-lentement porté ses fruits, si, comme on l'a vu en tant d'autres occasions, l'Angleterre, pressée par les besoins et l'activité immense de son industrie, ne s'en fût heureusement emparée, et n'eût ainsi rendu son utilité évidente à tous les yeux. Les chaudières tubulaires furent adoptées, en 1830, par Robert Stephenson dans les locomotives qu'il construisit pour le chemin de Liverpool à Manchester, et les résultats remarquables qu'il en obtint déterminèrent la préférence qui fut accordée aux machines locomotives pour le service du nouveau railway. Au reste, la création du chemin de Liverpool à Manchester forme la période la plus importante, sans aucun doute, de l'histoire des chemins de fer. C'est à cette époque que la supériorité des locomotives comme agent de traction sur les voies ferrées a été pour la première fois publiquement reconnue. L'établissement de ce premier chemin de fer a provoqué l'exécution successive de tous les autres railways de la Grande-Bretagne, et les chemins de fer anglais ont amené l'établissement de ce système de locomotion dans les diverses contrées des deux mondes. Il ne sera donc pas inutile de rappeler les circonstances qui firent naître le projet de ce chemin et déterminèrent son exécution.

CHAPITRE III.

Origine du chemin de fer de Liverpool à Manchester. — Adoption des machines locomotives pour le service de ce chemin. —Concours de locomotives à Liverpool. — *La Fusée* de Robert Stephenson. — Établissement définitif des chemins de fer dans la Grande-Bretagne et dans les autres parties de l'Europe.

Au milieu du XVIII[e] siècle, on lisait l'affiche suivante sur les murs de la cité de Londres : « Les personnes qui veulent entreprendre le voyage de Londres à York et de York à Londres sont prévenues qu'elles peuvent s'adresser à l'auberge du *Cygne blanc*, à Londres, ou à l'auberge du même nom à York; une diligence y est établie, et elle fera en quatre jours le voyage, si Dieu le permet. »

En Écosse, à la même époque, toutes les marchandises étaient transportées à dos de cheval. En 1750, la voiture publique qui faisait le service entre Édimbourg et Glascow, distants seulement de seize lieues, employait un jour et demi à ce trajet. Il n'y avait, en 1763, entre Édimbourg et Londres qu'une seule voiture, qui mettait quinze jours à faire un voyage que les diligences ordinaires accomplissent aujourd'hui en quinze heures.

L'importante route de Liverpool à Manchester n'était pas placée dans de meilleures conditions, et les lignes suivantes d'Arthur Young donneront une idée de son état de viabilité il y a seulement quatre-vingts ans. « Je n'ai pas de termes, dit Arthur Young, pour décrire cette route infernale. J'engage très-se-

rieusement les voyageurs que leur mauvaise étoile pourrait conduire dans ce pays à tout faire pour éviter cette maudite traverse, car il y a mille à parier contre un qu'ils s'y casseront le cou, ou, pour le moins, un bras ou une jambe. Ils y trouveront à chaque pas des ornières profondes de quatre pieds, et remplies de boue même en été. Je laisse à penser ce que ce doit être en hiver! Le seul palliatif à un pareil état de choses consiste à jeter dans ces trous, j'allais dire dans ces précipices, quelques pierres perdues dont l'effet est de secouer horriblement les voitures. Pour ma part, j'ai brisé trois fois la mienne sur ces dix-huit milles d'exécrable mémoire. »

Ce triste état des routes apportait naturellement de grands obstacles au commerce du pays. Le roulage était d'une lenteur insupportable, et il tenait ses tarifs à un taux si élevé, que l'on ne pouvait l'employer que pour des produits offrant beaucoup de valeur sous un faible volume. Le prix des transports de Liverpool à Manchester, par exemple, était de 50 francs par tonne, ce qui représente 90 centimes par kilomètre, ou quatre fois le prix actuel du roulage en France. Il résultait de là que les marchandises lourdes ou encombrantes, telles que le fer ou la houille, ne pouvaient être utilisées que sur les lieux de production, toutes les fois qu'elles ne se trouvaient pas à proximité d'une rivière navigable. Aussi la plupart des gisements houillers restaient-ils improductifs par suite de ce défaut de voies de communication, et telle était, par exemple, la condition où se trouvaient les vastes houillères que le duc de Bridgewater possédait à Worsley, à trois lieues de Manchester, et qui res-

taient inexploitées faute de voies praticables.

Dans ces circonstances, le duc de Bridgewater, homme de savoir et de résolution, entreprit de créer un nouveau système de transports. Secondé par l'habile ingénieur Brindley, il fit creuser le canal qui porte son nom, et qui constitue la première de ces voies de communication artificielles que l'Angleterre ait possédées. Le plus grand succès couronna cette entreprise, et grâce aux nouveaux débouchés offerts aux produits de ses houillères, le jeune lord accrut considérablement sa fortune. Excités par cet exemple, un grand nombre de propriétaires de mines firent appel, pour de semblables entreprises, aux capitalistes du pays; si bien qu'au bout de quelques années, le magnifique réseau fluvial qui couvre l'Angleterre était terminé dans presque toute son étendue : mille lieues de navigation artificielle étaient livrées à la circulation des marchandises.

L'état déplorable des routes de terre, encore aggravé par le système de péage que le gouvernement avait établi sur les routes améliorées par lui, rendait alors toute concurrence impossible contre la navigation des canaux. Les compagnies n'eurent donc pas de peine à monopoliser le transport des marchandises, et elles réalisèrent bientôt des bénéfices considérables. C'est en vain que dans l'espoir de maintenir dans de justes limites le tarif des transports, le gouvernement autorisa l'établissement de compagnies rivales pour l'exploitation des canaux; l'intérêt commun fit réunir les anciennes et les nouvelles compagnies, toute concurrence fut détruite, et le commerce fut astreint à des prix exorbitants. On imaginait toutes sortes de

moyens pour éluder les prescriptions légales, et c'est ainsi que les propriétaires du canal de Bridgewater étaient parvenus à percevoir, de Liverpool à Manchester, un péage de 18 fr. 75 c., en vertu d'un bill qui leur assignait un tarif maximum de 7 fr. 50 c.

Le commerce toléra longtemps ces exactions; on se rappelait la situation où se trouvait l'industrie manufacturière avant l'établissement des canaux, et l'on aimait encore mieux subir, pour les transports, des tarifs élevés, que de garder ses marchandises en magasin. Mais ce que l'on ne put supporter avec la même longanimité, ce fut la négligence qui finit par s'introduire dans le service des canaux. Encouragées par les facilités qu'elles trouvaient à réaliser de gros bénéfices, les compagnies poussèrent plus loin les abus : les transports n'atteignirent pas seulement à des prix extravagants, ils furent encore faits avec peu de soin et une lenteur excessive. De 1826 à 1830, de nombreuses pétitions furent adressées au parlement pour dénoncer ces faits; l'un des pétitionnaires citait plusieurs cas, dans lesquels des balles de coton, venues d'Amérique en vingt et un jours, avaient mis un mois et demi pour arriver de Liverpool à Manchester, c'est-à-dire pour faire un trajet de seize lieues.

On ne pouvait supporter davantage un tel désordre. Le mécontentement, longtemps comprimé, fit explosion. Plusieurs meetings furent tenus dans diverses villes de l'Angleterre, pour aviser aux moyens de sortir de cette situation. Une réunion de ce genre, composée d'un nombre prodigieux de personnes, eut lieu à Liverpool, le 20 mai 1826. A la suite de nombreux discours prononcés par divers orateurs, il fut décidé

qu'une compagnie serait organisée pour établir, de Liverpool à Manchester, un chemin de fer destiné à faire concurrence aux trois canaux qui aboutissent à cette dernière ville.

Les compagnies essayèrent de parer le coup qui les menaçait. Elles se réunirent pour abaisser les tarifs, comme elles s'étaient réunies autrefois pour les élever. Mais il était trop tard. Tous leurs efforts, toutes leurs sollicitations auprès des membres des deux chambres, n'aboutirent qu'à retarder de deux ans la concession du chemin de fer, dont l'établissement fut autorisé par le parlement à la fin de 1828.

Dans la pensée des créateurs de l'entreprise, le chemin de fer de Liverpool à Manchester ne devait être consacré qu'au transport des marchandises. Liverpool, situé sur la Mersey, près de son embouchure dans la mer d'Irlande, est le port d'Angleterre où viennent débarquer le plus grand nombre de bâtiments partis du nouveau monde, et Manchester est la grande cité manufacturière où se fabriquent les mille tissus formés des provenances de l'Amérique. Les convois innombrables de marchandises qui, en tout temps, sillonnent cette route, devaient fournir une ample ressource à l'exploitation du futur railway. Aussi l'idée n'était-elle venue à personne d'appliquer ce chemin au service des voyageurs; il devait être desservi par des chevaux, et, moyennant un droit de péage, tout le monde pouvait être admis à en profiter.

Au commencement de l'année 1829, le chemin de fer se trouvait sur le point d'être terminé; les directeurs songèrent donc à fixer le genre de moteur qui

serait adopté pour son service. Déjà, une année auparavant, la compagnie avait envoyé dans les comtés de Northumberland et de Durham une commission chargée d'examiner les divers systèmes de chemins de fer qui s'y trouvaient établis pour l'exploitation des mines; mais la commission était revenue sans pouvoir désigner le moteur le plus avantageux. La seule opinion qu'elle avait émise, c'est que l'activité du mouvement commercial entre Manchester et Liverpool devait rendre l'emploi des chevaux complétement impraticable. Il ne restait donc plus qu'à choisir entre les machines locomotives et les machines fixes employées comme remorqueurs. Deux ingénieurs, MM. Walker, de Limehouse, et Rastrick, de Stourbridge, furent chargés de visiter les chemins de fer de l'Angleterre où l'on faisait usage de locomotives et ceux qui avaient adopté les machines fixes. Ils eurent pour mission de déterminer exactement la quantité de travail fournie par chacun de ces deux genres de moteurs. Comme résultat de leur examen, MM. Walker et Rastrick exposèrent que les avantages et les inconvénients des deux systèmes paraissaient se balancer, mais qu'en somme, et sous le rapport des dépenses d'exploitation, les machines fixes semblaient préférables.

Les directeurs du chemin de Liverpool ne se trouvèrent pas suffisamment renseignés par ce rapport. Stephenson, l'ingénieur de la compagnie, déclarait les locomotives à la fois plus économiques et plus commodes pour le service, et l'on inclinait vers cette opinion. L'un des directeurs, M. Harrison, eut alors la pensée de faire décider cette grave question par un

concours public, dans lequel tous les constructeurs anglais seraient appelés à produire diverses machines applicables au transport sur une voie ferrée. Un prix de 500 livres sterling (12,500 fr.) et la fourniture du matériel pour le chemin devaient être accordés au constructeur qui présenterait la machine réalisant le mieux les vues de la compagnie. L'opinion de M. Harrison finit par prévaloir dans l'assemblée des directeurs, et le 20 avril 1829 les conditions du concours furent rendues publiques.

Voici les principales de ces conditions : La machine montée sur six roues ne pourrait peser plus de six tonnes. — Elle devrait traîner sur un plan horizontal, avec une vitesse de 16 kilomètres à l'heure, un poids de 20 tonnes, en comprenant dans ce poids l'approvisionnement d'eau et de combustible. — Si la machine ne pesait que cinq tonnes, le poids à remorquer serait réduit à quinze tonnes. — Le poids des locomotives portant sur quatre roues pourrait être réduit à quatre tonnes et demie.—Enfin, le prix de la machine agréée ne pourrait excéder 550 livres sterling (13,750 fr.).

Le jour de l'ouverture de ce curieux concours fut fixé au 6 octobre 1829. On choisit pour juges MM. Rastrick, de Stourbridge, Kennedy, de Manchester, et Nicholas Wood, de Killingworth.

Les constructeurs anglais se mirent aussitôt en devoir de prendre part à ce concours, et six moix après, au jour fixé, cinq machines locomotives, destinées à entrer en lice, étaient réunies à Liverpool. C'étaient : *la Fusée*, présentée par Robert Stephenson, fils de George Stephenson, de Manchester; on avait adopté

dans sa construction les chaudières tubulaires de M. Seguin.—*La Nouveauté*, de MM. Braithwaite et Erickson; la chaudière de cette locomotive était formée d'un bouilleur unique; le constructeur avait cru pouvoir remédier à l'insuffisance de la surface de chauffe par divers moyens mécaniques destinés à provoquer artificiellement le tirage.— Venait ensuite *la Sans-pareille*, sortant des ateliers de M. Timothy Hackworth.—*La Persévérance*, de M. Burstall, et *la Cyclopède*, machine mue par des chevaux et proposée par M. Brandreth, terminaient la liste des machines destinées à prendre part à cette lutte intéressante. On choisit pour servir aux expériences le plateau de Rainhill, qui présente une ligne parfaitement horizontale sur une longueur de deux milles (3,218 mètres).

Comme le texte des conditions du concours ne contenait aucune indication sur le genre d'épreuves auxquelles les machines seraient soumises, on arrêta les dispositions suivantes : Au début de l'expérience on constatera, pour chacune des locomotives, le poids total de la machine avec sa chaudière pleine d'eau; la charge à traîner sera triple de ce poids.—L'eau de la chaudière sera froide, et il n'y aura pas de combustible dans le foyer; on délivrera à chaque concurrent la quantité d'eau et de houille qu'il jugera nécessaire pour un voyage.—La machine sera traînée à bras jusqu'au point de départ; elle partira dès que la vapeur aura acquis une tension de cinquante livres par pouce carré.—La locomotive devra faire dix fois l'aller et le retour de l'espace choisi, ce qui représente à peu près le trajet de Liverpool à Manchester.—Pour constater le temps de chaque voyage, on établira à cha-

que extrémité deux stations, occupées chacune par l'un des juges, qui constatera avec soin le moment du passage de la machine. Telles furent à peu près les conditions qui furent communiquées aux concurrents et acceptées par eux.

Pendant les premiers jours on se borna à essayer les locomotives, on les fit aller et venir sur les rails pour les disposer à fonctionner. Le 6 octobre 1829, jour fixé pour le commencement des épreuves, *la Fusée*, de Robert Stephenson, entra la première dans l'arène. Suivant le programme, elle était montée sur quatre roues et pesait quatre tonnes cinq quintaux (4,316 kilogr.). Sa chaudière, de 1^{m},83 de longueur, était traversée par vingt-cinq tubes de 7 centimètres de diamètre; la vapeur sortant des cylindres était dirigée, pour activer le tirage, dans l'intérieur de la cheminée. Cette belle locomotive présentait la plupart des dispositions que l'on trouve réalisées dans les machines actuelles.

Sans entrer dans le détail des différentes épreuves auxquelles fut soumise la locomotive de Stephenson, nous dirons que, sur un plan horizontal, elle remorqua, avec une vitesse de près de six lieues à l'heure, un poids de douze tonnes quinze quintaux (12,942 kilog.). Pour connaître son maximum de vélocité, on la débarrassa de toute charge, ainsi que de l'approvisionnement d'eau et de combustible; dans ces conditions, elle parcourut un trajet de deux lieues et un tiers en quatorze minutes quatorze secondes, ce qui représente une vitesse de dix lieues à l'heure. Dans une autre série d'épreuves, on attacha *la Fusée* à une voiture contenant trente-six voyageurs; elle commu-

niqua plusieurs fois à cette voiture une vitesse de dix lieues par heure sur un plan horizontal. En remontant sur un plan incliné, sa vitesse dans les mêmes conditions était de quatre lieues à l'heure. Cette dernière expérience démontra ce fait important, que les locomotives pourraient s'élever le long de certaines pentes; on avait supposé jusque-là qu'elles ne pourraient remorquer les convois que sur des terrains parfaitement de niveau.

La seconde machine essayée fut *la Sans-pareille*. Cette locomotive était portée sur quatre roues et son poids s'élevait à quatre tonnes quinze quintaux et demi (4,850 kilogrammes). Or, d'après une condition imposée aux concurrents, toute machine atteignant ce poids devait être montée sur six roues; *la Sans-pareille* se trouvait donc exclue du concours. On se détermina néanmoins à la soumettre aux épreuves, afin de reconnaître si les résultats obtenus seraient de nature à être pris en considération; mais ils se montrèrent, sous tous les rapports, inférieurs à ceux de *la Fusée*.

La locomotive présentée par MM. Braithwaite et Erickson, *la Nouveauté*, n'avait pu être terminée à temps pour être essayée sur des rails. On reconnut, à son arrivée à Liverpool, et quand on l'eut placée pour la première fois sur le chemin de fer, que la disposition de ses roues exigeait quelques modifications. Cette circonstance retarda de quelques jours le moment des expériences. *La Nouveauté* différait de la machine de Robert Stephenson en ce qu'elle n'avait point de tender, et qu'elle portait elle-même sa provision d'eau et de combustible. La machine de

MM. Braithwaite et Erickson, se trouvant définitivement prête à servir aux expériences, fut amenée au point de départ. La vapeur ayant acquis la tension nécessaire, elle partit aussitôt pour fournir sa course. Mais après son premier trajet, on reconnut que le tuyau d'alimentation de la chaudière s'était crevé. Quand on eut remédié à cet accident, il était trop tard pour continuer les expériences. La machine fut essayée de nouveau les jours suivants. En remorquant un convoi considérable, représentant le triple de son propre poids, elle fit d'abord douze milles à l'heure, et, en continuant à marcher, vingt et un milles (sept lieues). On substitua ensuite aux chariots chargés de poids une voiture contenant quarante-cinq voyageurs; *la Nouveauté* imprima à cette voiture une vitesse de sept lieues à l'heure, terme moyen. Enfin, pour connaître son maximum de vitesse, on la laissa partir sans autre fardeau que l'eau et le charbon qu'elle devait employer. En allant et revenant sur l'espace qu'elle avait à parcourir à diverses reprises, elle présenta une vitesse moyenne de neuf lieues à l'heure; elle marcha même quelquefois avec une rapidité de treize lieues à l'heure. Cependant, à la suite des expériences qui furent exécutées le 14 octobre, on s'aperçut que sa chaudière présentait des fuites et livrait passage à l'eau. Les essais se trouvèrent ainsi interrompus. MM. Braithwaite et Erickson déclarèrent alors se retirer du concours.

La Persévérance avait éprouvé quelques accidents pendant son transport à Liverpool; elle ne satisfaisait pas d'ailleurs aux termes imposés par le programme, M. Burstall la retira. Quant à *la Cyclopède*, c'était

une machine mue par des chevaux, et qui sortait par conséquent des conditions assignées.

En définitive, le prix fut décerné à *la Fusée* de Robert Stephenson, qui avait satisfait à toutes les conditions exigées par la compagnie. Elle avait dû la supériorité de sa vitesse à l'emploi des chaudières tubulaires de M. Seguin, et avait de cette manière servi à mettre dans tout son jour l'importance de la découverte de l'ingénieur français. Tel fut le résultat de cette lutte mémorable, qui vivra d'un long souvenir dans l'histoire de l'industrie.

La locomotive de Stephenson, qui permettait de réaliser sur les routes de fer une vitesse de douze lieues à l'heure, changea complétement la face de l'entreprise du chemin de Liverpool à Manchester. Au lieu de se borner au transport des marchandises, la compagnie ouvrit aussitôt aux voyageurs cette nouvelle et merveilleuse voie de communication. Le service public, commencé en 1830, donna immédiatement des résultats inespérés. A peine la circulation y fut-elle établie que, des trente voitures publiques qui desservaient chaque jour ces deux villes, une seule put continuer son service. La faculté désormais offerte de dévorer les distances amena une révolution complète dans les conditions et les habitudes des voyages. On eut alors la démonstration la plus décisive de ce fait, que la facilité des moyens de transport augmente la circulation dans une proportion extraordinaire. Le nombre des voyageurs, qui, avant l'ouverture du chemin de fer, ne dépassait pas 500 par jour, s'éleva immédiatement à 1,500. Le transport des marchandises ne subit pas la même progression,

parce que les propriétaires des canaux, aiguillonnés par la concurrence, s'empressèrent d'abaisser leurs prix jusqu'au niveau des tarifs du chemin de fer, et accrurent en même temps la vitesse des transports. Le canal avait en outre l'avantage de communiquer des docks de Liverpool avec Manchester, en baignant les murs mêmes des magasins des fabricants, ce qui économisait les frais de transbordement. Cependant, malgré l'inégalité de ces conditions, le chemin de fer ne tarda pas à transporter un millier de tonnes de marchandises par jour. Aussi, deux ans après son ouverture, il apportait un dividende de 10 pour 100, et les actions jouissaient d'une prime de 120 pour 100. L'ère financière des chemins de fer était inaugurée en Europe avec un éclat qui malheureusement ne devait pas être durable.

Le double et remarquable succès qu'obtint le chemin de Liverpool, sous le rapport technique et financier, provoqua rapidement, en Angleterre, l'établissement de nouveaux railways. L'immense réseau qui relie à la métropole les divers centres de population commença à s'organiser en 1832, et pendant la période de 1832 à 1836, la construction des nouvelles voies reçut une impulsion et un développement considérables. On vit terminer dans cet intervalle 180 lieues de chemins de fer et en commencer 160 lieues. En même temps, la science pratique des chemins de fer, qui avait trouvé dans la ligne de Liverpool un modèle admirable, alla se perfectionnant chaque jour. Profitant des améliorations successives introduites dans cet art nouveau, les grandes nations de l'Europe et du nouveau monde entrèrent hardiment dans la même voie, et les che-

mins de fer acquirent bientôt aux États-Unis, en Allemagne, en Belgique et en France, ce développement extraordinaire qui fait l'orgueil et la force de la société moderne.

Il ne peut entrer dans le plan de cette notice de faire connaître les diverses phases qu'a pu suivre, dans chacune des contrées de l'Europe et du nouveau monde, l'établissement des chemins de fer, ni d'exposer la situation dans laquelle les diverses nations se trouvent aujourd'hui sous ce rapport. Un tel sujet nécessiterait des considérations qui ne pourraient que difficilement trouver ici leur place; d'ailleurs, les éléments de ce genre sont trop exposés à être démentis par le temps; un jour suffit pour entacher d'erreur ces sortes de données statistiques. L'origine et les progrès de la locomotion par la vapeur, les développements successifs des chemins à rails, les circonstances qui ont amené la création des chemins de fer actuels, et motivé le développement prodigieux qu'ils offrent à notre admiration, ces éléments nous paraissent suffire au cadre de cet ouvrage.

CHAPITRE IV.

Description de la machine locomotive.

On vient de suivre les différentes phases que la construction des locomotives a parcourues jusqu'à notre époque; on a vu ses perfectionnements principaux depuis le premier modèle de Trevithick et Vivian, jus-

qu'aux machines construites par Robert Stephenson, en 1830, pour le chemin de fer de Liverpool. Il nous reste à donner, avec les détails nécessaires, la description de la locomotive actuelle, et à expliquer le mécanisme à l'aide duquel la force élastique de la vapeur s'y trouve utilisée.

Par son aspect extérieur, une locomotive ressemble assez peu à une machine à vapeur. Il faut quelque science pour démêler les éléments d'une machine de ce genre dans ce véhicule élégant, où l'action d'une force étrangère ne se trahit que par quelques bouffées de vapeur lancées en l'air par intervalles. Cependant les connaissances que nos lecteurs ont acquises dans les notices précédentes doivent leur suffire pour reconnaître à la première vue qu'une locomotive renferme les parties essentielles d'une machine à vapeur. Réduite à ses éléments les plus simples, une machine à vapeur se compose de trois parties : le foyer, la chaudière et l'appareil mécanique destiné à la transmission de la force. Or ces trois éléments sont faciles à discerner à la simple inspection d'une locomotive. Le foyer s'aperçoit à sa partie antérieure, à la place où se tient d'ordinaire le mécanicien; ce foyer aboutit à la cheminée, qui s'élève, sous la forme d'un large tuyau, à sa partie antérieure. La chaudière, placée à sa partie moyenne, forme ce cylindre allongé revêtu d'une enveloppe de bois qui semble constituer la majeure partie de la locomotive. Enfin l'appareil moteur, formé de deux cylindres à vapeur visibles au dehors, est installé au-dessous du tuyau de la cheminée, en avant des roues.

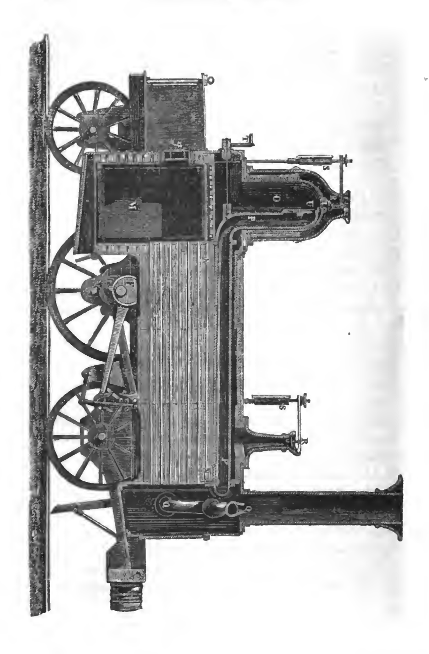
L'examen des divers éléments qui viennent d'être

énumérés va nous permettre d'expliquer le mécanisme de la locomotive et la destination de ses principaux organes. Nous décrirons d'abord la chaudière et le foyer, nous passerons ensuite à l'appareil moteur qui imprime aux roues leur mouvement de progression.

Chaudière et foyer de la locomotive. —La figure que nos lecteurs verront ci-après représente une coupe verticale faite à l'intérieur de la chaudière et du foyer d'une locomotive. L'espace indiqué par la lettre M est désigné sous le nom de *boîte à feu*, l'espace Q est la *boîte à fumée*. La boîte à feu est divisée en deux parties inégales par une grille horizontale destinée à supporter le combustible, que le chauffeur y introduit par la porte *g*. Au-dessous de la grille est le cendrier qui donne accès à l'air et reçoit les cendres du foyer. Les barreaux de cette grille sont tous mobiles et susceptibles d'être rapidement enlevés, ce qui permet au mécanicien d'éteindre en quelques instants le feu; il lui suffit de retirer les barreaux pour faire aussitôt tomber sur la voie le coke incandescent.

On voit, en examinant la coupe de la chaudière et du foyer, que ce dernier est entouré de toutes parts par l'eau de la chaudière, à l'exception de la partie qui correspond à la petite porte *g*; l'eau enveloppant de cette manière presque toute la capacité de la boîte à feu, tout l'effet du combustible se trouve utilisé.

Suivons maintenant la route que doivent prendre, pour se dégager au dehors, l'air chaud et la fumée qui s'échappent du foyer. Cette particularité est des plus importantes à saisir, elle suffit presque à elle seule à donner l'intelligence de la machine locomotive. Les



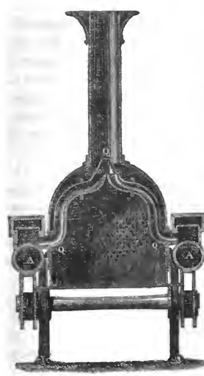
produits de la combustion ne passent point directement du foyer, où ils ont pris naissance, dans la boîte à fumée, pour s'échapper dans l'air; ils doivent traverser, avant de se dégager au dehors, toute une série de tubes de cuivre d'un petit diamètre, qui s'ouvrent d'une part dans le foyer, et d'autre part dans la boîte à fumée. Ces tubes, dont on n'a représenté qu'un petit nombre sur la figure précédente, sont au nombre de cent à cent vingt; ils sont disposés horizontalement à travers la chaudière; l'eau qui remplit celle-ci occupant de cette manière l'intervalle qui les sépare. En traversant ces tubes, l'air chaud et la fumée échauffent l'eau qui se trouve logée entre leurs intervalles, et provoquent, dans un temps très-court, la formation d'une quantité prodigieuse de vapeur. Cette disposition de la chaudière, due, comme nous l'avons dit, à M. Seguin, permet de donner à la surface chauffée une étendue de 50 mètres carrés; elle rend compte de la quantité extraordinaire de vapeur, et par conséquent de la force mécanique que développe la chaudière des locomotives dans l'espace étroit qui lui est réservé.

Que devient maintenant la vapeur engendrée dans la chaudière? Elle se réunit dans l'espace libre que la figure précédente nous montre au-dessus du niveau de l'eau. L'espèce de dôme indiqué par la lettre O porte le nom de *réservoir de vapeur*. C'est de là que part le tuyau destiné à introduire la vapeur dans les deux cylindres. Dans toutes les machines à vapeur, la prise de vapeur se fait toujours à une certaine distance au-dessus du niveau de l'eau, afin d'empêcher des particules d'eau liquide, entraînées par le mou-

vement de l'ébullition, de passer dans l'intérieur des cylindres, dont elles altéreraient le jeu. Aussi la prise de vapeur se trouve-t-elle ici à la partie supérieure du dôme métallique qui surmonte la chaudière. Partie de ce point, la vapeur passe dans un large tube UP, qui la conduit dans l'intérieur des cylindres. Ce tuyau traverse la chaudière dans toute son étendue; arrivé à son extrémité, il se divise en deux pour conduire à droite et à gauche la vapeur dans chacun des cylindres.

Remarquons, avant de quitter cette figure, une pièce métallique OU, mise en mouvement par la manivelle T, placée sous la main du mécanicien; elle sert à ouvrir ou à fermer à volonté l'entrée OU du tuyau P. Quand cet orifice est ouvert, la vapeur passe dans le tube P et vient presser les pistons; quand il est fermé, la vapeur n'a plus d'accès dans les cylindres, et privée ainsi de toute action motrice, la locomotive ne tarde pas à s'arrêter. Cette pièce OU, qui permet de mettre la machine en train ou de suspendre sa marche, porte le nom de *régulateur*.

La locomotive est une machine à vapeur à haute pression. Dans les machines de ce genre, lorsque la vapeur a produit son effet mécanique, on la rejette dans l'air. On aurait pu, dans les locomotives, lâcher directement au dehors la vapeur sortant des cylindres, comme on le fait dans les machines à haute pression de nos usines. Mais on a dit plus haut que Robert Stephenson eut l'idée ingénieuse d'appliquer le courant de vapeur qui s'échappe des cylindres à activer le tirage du foyer en le dirigeant dans la cheminée. Grâce à cet artifice, on peut brûler cinq fois



plus de combustible et par conséquent produire cinq fois plus de force que l'on n'en produirait en laissant simplement la vapeur se perdre dans l'atmosphère. La disposition pratique adoptée pour mettre en œuvre cet important moyen est indiquée dans la figure ci-jointe, qui représente une coupe transversale de la boîte à fumée.

En sortant des deux cylindres, que l'on a représentés sur cette figure par les lettres A, la vapeur suit deux tubes recourbés Q, qui vont en se rétrécissant, pour se réunir en un sommet commun, au bas de la cheminée. La vapeur traverse avec une vitesse énorme le tuyau de la cheminée, elle se condense dans cet espace d'une température inférieure à la sienne, et cette condensation produit un vide que vient aussitôt remplir l'air arrivant du foyer par les petits tubes. La succession rapide de ces deux phénomènes détermine une aspiration d'air très-vigoureuse et provoque un tirage extraordinairement actif.

La cheminée des locomotives sert donc tout à la fois à donner issue aux produits de la combustion provenant du foyer et à la vapeur sortant des cylindres. Ainsi s'expliquent ces faits, dont on se rend difficilement compte d'ordinaire, que la cheminée d'une locomotive laisse échapper tantôt de la fumée, tantôt de la vapeur, et que la quantité de force développée par la machine est d'autant plus considérable qu'elle laisse perdre plus de vapeur.

Comme toutes les chaudières des machines à vapeur, la chaudière d'une locomotive doit nécessairement être pourvue d'appareils de sûreté destinés à empêcher la vapeur de dépasser les limites normales assignées à sa pression, et à donner au dehors une issue à cette vapeur dès que ce terme se trouve atteint. La chaudière d'une locomotive est, en effet, toujours munie de deux soupapes de sûreté que l'on place à chacune de ses extrémités. Ces deux soupapes se trouvent représentées sur la figure de la page 150 par les lettres R,S. Elles ne sont autre chose, comme on le voit, que la soupape de Papin. Seulement, comme les mouvements brusques de la machine auraient rendu difficile l'usage de poids pour régler la pression, on les remplace par un ressort en spirale contenu dans une enveloppe métallique S; ce ressort, tendu au moyen d'un écrou adapté à la tige qui supporte le levier, et placé au-dessous de ce levier, sert à exercer sur la plaque qui ferme la chaudière une traction que l'on gradue à volonté à l'aide de cet écrou. Une aiguille adaptée à l'extrémité du ressort indique les différentes tensions de la vapeur exprimées en atmosphères.

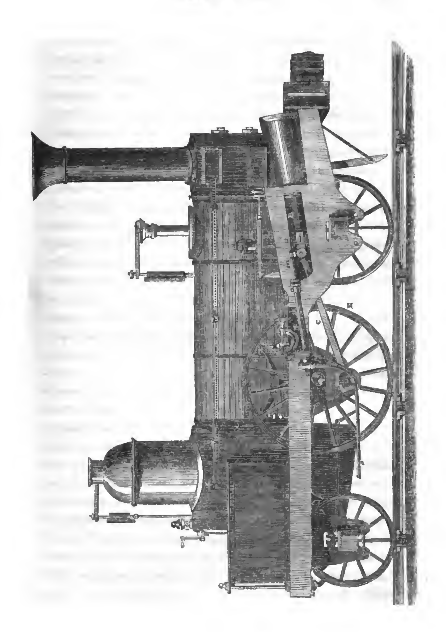
Pour que le mécanicien puisse connaître à chaque instant le degré de pression de la vapeur, la chaudière des locomotives est munie d'un *manomètre* qui accuse continuellement l'état de cette pression. Nous n'avons pas besoin de dire que le *manomètre à air libre* ne saurait être employé sur une locomotive, en raison de sa longueur excessive et de sa fragilité. On se sert du *monomètre à air comprimé*, qui n'occupe qu'un petit espace. Cet instrument indique les variations de pression de la vapeur par suite de la hauteur qu'occupe une colonne de mercure dans un tube à deux branches, fermé à l'une de ses extrémités, rempli d'air à son extrémité fermée et communiquant avec la vapeur par son extrémité ouverte. D'après une loi physique bien connue, l'air comprimé par une vapeur ou par un gaz occupe un volume qui est toujours en raison inverse de la pression qu'il supporte. Ainsi la hauteur à laquelle s'élève la colonne de mercure dans la branche fermée du tube fait connaître exactement la force élastique de la vapeur exprimée en atmosphères, si l'on a gradué d'après ce principe l'échelle qui accompagne le tube.

Tels sont les principaux éléments qui composent la chaudière des locomotives. Ajoutons que tout l'ensemble de la chaudière et du foyer est fixé solidement sur un châssis de bois au moyen d'arcs-boutants de fer boulonnés d'un côté contre la chaudière et de l'autre sur le châssis. Ce dernier porte sur les trois essieux des six roues de la locomotive, par l'intermédiaire d'un coussinet, d'une tringle et d'excellents ressorts. Tout ce système, construit avec beaucoup de soins et de délicatesse, adoucit les chocs et les

ébranlements que l'appareil pourrait éprouver par suite de la marche de la locomotive sur les rails.

Appareil moteur.—Le mécanisme au moyen duquel on transmet aux roues l'action de la vapeur se trouve clairement indiqué dans la figure de la page suivante, qui représente l'élévation d'une locomotive à six roues semblable à celles qui desservent le chemin de fer de Paris à Rouen.

Les cylindres à vapeur, au nombre de deux, sont placés chacun sur un des côtés de la locomotive et à sa partie antérieure. L'un de ces cylindres est représenté sur la figure par la lettre A; la pièce prismatique L qui le surmonte est le tiroir destiné à donner accès à la vapeur et à la diriger tantôt au-dessus, tantôt au-dessous du piston; ce tiroir est mis en action par un excentrique que porte l'essieu de la roue motrice; un levier coudé HK, qui se déplace horizontalement, ouvre successivement à l'intérieur du tiroir deux orifices qui donnent accès à la vapeur sous les deux faces du piston. La tige B du piston se meut dans une rainure à l'aide de deux glissières *a* fixées à son extrémité. Cette tige est articulée à une longue bielle, ou tige C, qui vient agir sur un bouton D fixé à la roue E de la locomotive, à une certaine distance de son axe. La roue motrice de la locomotive fait ainsi elle-même fonction de volant. L'action de la vapeur s'exerce donc uniquement sur les deux grandes roues; les autres sont entraînées par le mouvement des roues motrices et ne servent qu'à l'équilibre et à la progression de la machine. Les deux bielles C partant de chaque cylindre sont disposées à angle droit l'une sur l'autre, de manière que leur mouvement soit



croisé, et que l'une d'elles se trouvant au point le plus avantageux de sa course, l'autre se trouve au point le plus faible, c'est-à-dire au point mort, ainsi qu'on l'a expliqué pour les bateaux à vapeur.

Le mouvement imprimé à la tige du piston est mis à profit pour faire agir une pompe alimentaire qui va puiser de l'eau dans un réservoir porté par le tender. Cette pompe refoule de l'eau dans la chaudière, afin d'y remplacer à chaque instant celle qui disparaît constamment sous forme de vapeur. Toute la disposition mécanique de la pompe alimentaire est facile à reconnaître sur la figure. *m* représente la tige de cette petite pompe; elle est fixée à l'extrémité de la tige B du piston, et en reçoit son mouvement de va-et-vient. Cette tige *m* fait agir un petit piston placé dans l'intérieur du corps de pompe *n*, qui aspire à l'aide du tuyau *o* l'eau du tender. Refoulée dans le tuyau courbe P, cette eau s'introduit dans la chaudière, pour y remplacer celle qui s'échappe sans cesse dans l'atmosphère à l'état de vapeur.

Le tuyau *o*, dont on n'a représenté qu'une partie dans la figure, vient aboutir au tender, auquel il se trouve lié par un genou au tuyau flexible. Le tender n'est autre chose, en effet, qu'un waggon d'approvisionnement; il porte l'eau et le coke nécessaires à l'alimentation de la machine pendant un certain temps. Monté comme la locomotive sur un châssis et sur des ressorts, il se compose d'un réservoir de tôle rempli d'eau, qui laisse libre un espace au milieu duquel on entasse le combustible. Il porte habituellement 5,200 litres d'eau et 400 kilogrammes de coke, qui suffisent pour un voyage de dix à douze lieues; au

bout de ce temps, si la locomotive doit continuer sa route, on renouvelle la double provision du tender.

Un niveau d'eau formé d'un tube de verre disposé verticalement, et communiquant avec l'intérieur de la chaudière, se trouve sous les yeux du mécanicien, qui peut ainsi s'assurer à chaque instant de la quantité d'eau contenue dans le générateur. Lorsque ce niveau vient à baisser, le mécanicien ouvre un robinet placé sur le trajet du tube *o;* l'eau du tender est aussitôt aspirée par les pompes qui l'introduisent dans la chaudière; si la quantité de liquide est suffisante, il ferme le même robinet, et arrête ainsi l'entrée de l'eau dans la chaudière.

Nous venons d'examiner les différentes pièces qui composent la machine locomotive. Indiquons maintenant, afin d'en résumer l'ensemble, les opérations successives qu'il faut exécuter pour la gouverner et pour la faire agir.

Lorsque le mécanicien veut mettre la locomotive en marche, il commence par s'assurer, en examinant le manomètre, si la vapeur a atteint un degré suffisant de pression. La tension de la vapeur étant reconnue convenable, il pousse la manivelle du régulateur, qui donne aussitôt accès à la vapeur dans l'intérieur du tuyau destiné à l'introduire dans les tiroirs. La vapeur passe de là dans les cylindres, et vient exercer sa pression alternative sur les deux faces du piston. Celui-ci entraîne la bielle qui fait tourner les roues motrices de la locomotive et la fait avancer sur les rails en remorquant le tender et la série de waggons ou de voitures qui lui font suite, et qui sont solidement attachés les uns aux autres par un crochet et une chaîne

de fer. Mais pendant que la machine fonctionne, le combustible se consume sur la grille, l'eau de la chaudière disparaît en partie par suite de la dépense continuelle de vapeur. Le chauffeur jette donc de nouveau combustible dans le foyer, et le mécanicien remplace l'eau évaporée en ouvrant le robinet du tuyau *o*, qui, grâce à l'action des pompes foulantes, introduit dans la chaudière une partie de l'eau contenue dans le réservoir du tender. Si le tirage présente trop d'activité, ou si l'on veut ralentir la marche, le mécanicien, tirant une longue tige horizontale *cd* (page 157), qui s'étend sur l'un des côtés et vers la partie supérieure de la locomotive, déplace une plaque mobile *d*, laquelle, offrant une issue aux produits de la combustion, ralentit le tirage de la cheminée, et modère ainsi la puissance de la vapeur. Arrivé à une station, le mécanicien fait entendre un coup de sifflet en dirigeant un jet de vapeur empruntée à la chaudière contre la tranche aiguë du timbre métallique qui se trouve placé au-devant de lui; il ferme ensuite le régulateur à l'aide de la manivelle, toute communication se trouve ainsi interrompue entre la chaudière et le cylindre; le jeu des pistons s'arrête aussitôt, et le convoi ne marche plus qu'en vertu de sa vitesse acquise. Ne pouvant s'échapper au dehors, la vapeur, qui se forme toujours par suite de l'action du foyer, continue à exercer sa pression à l'intérieur; elle ne tarde pas à atteindre ainsi le degré de tension au terme duquel doivent s'ouvrir les soupapes de sûreté; ces soupapes cèdent en effet à la pression qu'elles éprouvent, et laissent la vapeur se dégager au dehors. En même temps, les conducteurs serrent les freins; la

résistance devenant ainsi beaucoup plus grande et la force motrice ne s'exerçant plus, la machine se trouve arrêtée.

Quand le mécanicien, arrivé au terme du voyage, vent éteindre le foyer, il se débarrasse de tout le combustible en démontant les barreaux de la grille mobile; le coke incandescent tombe aussitôt sur la voie.

Il est souvent nécessaire, pour les différentes manœuvres qui s'exécutent dans l'intérieur des gares ou même sur la voie, de faire marcher la locomotive en arrière. Ce mouvement se produit à l'aide d'un long levier qui se trouve à la portée du mécanicien, et qui lui permet de *renverser la vapeur*, c'est à-dire de modifier sa distribution dans les cylindres de manière à déterminer tantôt la marche en avant, tantôt la marche en arrière. Ce levier fait entrer en action un nouveau tiroir qui donne une distribution de vapeur précisément contraire à celle qui était en œuvre pendant la marche de la machine. La vapeur, qui avait commencé à agir par exemple sur sa face antérieure, se trouve dès lors dirigée vers sa face postérieure; un mouvement opposé à celui qui existait est la conséquence de ce renversement de la vapeur, et ce mouvement une fois commencé se continue de manière à entretenir la marche de la machine dans la direction nouvelle qu'elle vient de recevoir.

Nous ne pousserons pas plus loin ces détails descriptifs. Ils suffiront, nous l'espérons, pour donner d'une manière générale l'intelligence du mécanisme moteur de la locomotive et des divers organes qui la composent.

CHAPITRE V.

Inconvénients attachés à l'emploi des locomotives. — Nouveaux systèmes de chemins de fer.

Le système des chemins de fer actuels n'a pas encore vingt-cinq ans d'existence. Si l'on considère la marche si rapide qui distingue les sciences à notre époque, il est donc permis de dire que cette invention est encore aujourd'hui, sinon dans son enfance, au moins dans ses débuts. Les tentatives faites de nos jours pour améliorer les conditions de ce nouveau mode de transport méritent, à ce titre, l'attention la plus sérieuse. M. Arago, s'élevant, il y a quinze ans, contre la pensée d'exécuter à la fois, suivant les principes alors en usage, tout le réseau des lignes françaises, disait à la tribune de la chambre des députés : « Les chemins de fer n'ont pas dit leur dernier mot. » En effet, les chemins de fer ont beaucoup parlé depuis cette époque; il nous reste à faire connaître les mots nouveaux qu'ils ont prononcés.

Dans les pages précédentes, on a fait la part des beaux résultats que réalise le système des chemins de fer actuellement en usage en Europe; essayons maintenant de montrer les inconvénients qu'il peut entraîner.

Deux éléments sont à considérer dans le système actuel des chemins de fer : les rails et la locomotive, la voie ferrée et l'instrument de traction. De ces deux éléments, l'un paraît avoir atteint son terme de per-

fection le plus avancé, l'autre est susceptible de modifications importantes. L'emploi de bandes métalliques destinées à annuler les effets du frottement des roues représente à nos yeux le point le plus parfait de ce mode de locomotion. Ces humbles barres de fer couchées sur la poudre des chemins constituent l'origine de la plus grande partie des avantages des railways. Quant à la machine destinée à traîner les convois sur le parcours de ces voies artificielles, elle est susceptible de plusieurs reproches aussi graves que fondés.

On peut classer sous deux titres les inconvénients qui découlent de l'emploi des locomotives : défaut de sécurité, — cherté excessive dans le tracé du chemin et le service journalier de la voie.

Quelle que soit l'efficacité des moyens de surveillance établis sur les chemins de fer, quelle que soit la perfection actuellement apportée à la construction des locomotives, l'emploi de ces machines expose à diverses chances d'accidents que l'on ne peut prévenir que dans de certaines limites. Quand on voit, sur un viaduc élevé, une série de waggons remplis de voyageurs voler avec la rapidité de la flèche sur des rails polis comme la glace, on ne peut se défendre d'un sentiment de terreur en songeant aux catastrophes que peut provoquer le plus faible obstacle rencontré sur la voie. Des événements terribles ont assez démontré que tous les moyens mis en usage ne suffisent pas toujours pour écarter ces dangers. L'expérience a tristement établi qu'il n'est point de surveillance assez parfaite pour empêcher dans tous les cas la rencontre et le choc de deux convois marchant en sens opposé, et

que l'attention des employés d'une ligne peut être distraite ou relâchée un moment, jusqu'à laisser s'engloutir dans le Rhône un convoi de marchandises, et quelques jours après un convoi de voyageurs dérailler à quelques pas du même abîme. Il est d'autres catastrophes qu'il n'appartient à aucune puissance humaine de prévoir, et, par conséquent, d'empêcher. On ne le sait que trop, des centaines de voyageurs peuvent se précipiter, par suite d'un déraillement, dans les marais de Fampoux. Rien ne peut prévenir encore la rupture de l'essieu d'une locomotive, accident dont l'événement affreux du chemin de fer de Versailles offrit un exemple à jamais déplorable.

Le défaut de sécurité inhérent à l'emploi des locomotives frappe suffisamment l'esprit; mais les inconvénients, très-graves encore, résultant des dépenses qu'exigent l'établissement et l'entretien de la voie, attirent moins l'attention; aussi insisterons-nous davantage sur ce dernier fait.

Les dépenses considérables que nécessite l'établissement des chemins de fer, et qui ont compromis dans tant de pays la fortune publique, reconnaissent deux causes : 1° le tracé du chemin; 2° son exploitation.

D'après les principes mécaniques sur lesquels reposent la construction des locomotives et leur progression sur les rails, il est impossible de franchir des pentes d'une certaine inclinaison. Les locomotives ordinaires ne peuvent faire remonter aux convois des pentes de plus de 10 millimètres par mètre; pour surmonter une rampe plus forte, on est obligé d'employer une locomotive de renfort. Au delà de 30 millimètres, une locomotive ordinaire placée à la tête d'un

convoi reculerait au lieu d'avancer. Aussi la rampe habituellement admise sur les chemins de fer est-elle seulement de 7 millimètres. En second lieu, le mode de construction adopté pour les locomotives et les waggons impose la nécessité de donner au tracé de la voie une direction constamment en ligne droite. Le parallélisme et la fixité des essieux dans la locomotive et les waggons commandent un tracé entièrement rectiligne, et ce n'est que par une dérogation aux principes de la progression et de l'équilibre de ces véhicules que certaines courbes sont quelquefois adoptées. Ces courbes sont d'ailleurs d'un rayon tellement étendu qu'elles présentent sous le rapport pratique autant d'inconvénients que d'avantages.

C'est cette double obligation de maintenir la ligne des rails sur un niveau toujours sensiblement horizontal, et d'adopter une direction rectiligne, qui entraîne tant de dépenses dans l'exécution de nos railways. C'est pour cela que l'ingénieur chargé d'exécuter le tracé d'un chemin de fer est contraint d'aller droit devant lui, élevant par des remblais les niveaux des terrains trop abaissés, franchissant les vallées sur de longs viaducs, se frayant un passage à travers les montagnes, bouleversant le sol tout autour de lui, s'écartant des points qu'il aimerait à traverser, traversant ceux qu'il voudrait éviter, changeant les cités en désert et en désert les lieux habités. Cette inflexibilité aveugle imposée à la direction de nos lignes est la cause principale des dépenses excessives que demande leur exécution; c'est aussi le point profondément vicieux, nous dirions presque le côté barbare des chemins de fer actuels. Ces montagnes

percées à jour, ces vallées comblées, ces longs viaducs joignant les sommets des collines, ces fleuves franchis sur un point forcé, ces étangs ou ces marais traversés sur des digues élevées à grands frais, ces longs trajets souterrains, ces sombres tunnels parcourant des lieues entières, et où le voyageur, enfoui dans les entrailles de la terre, privé du spectacle de la nature et du ciel, semble voir comme une image anticipée de son dernier séjour, tout cela rappelle terriblement les débuts grossiers de l'art humain, et lorsque les générations futures viendront un jour contempler les vestiges et les débris abandonnés de ces travaux immenses, il est à croire qu'elles concevront quelque dédain de ces merveilles dont nous nous montrons si fiers.

L'emploi des locomotives introduit dans l'exécution des chemins de fer une autre source de dépenses importantes. L'énorme poids de la locomotive et de son tender oblige de faire usage de rails très-lourds et d'établir des fondations d'une grande solidité. C'est pour résister au poids d'une machine pesant à elle seule 12,000 kilogrammes que l'on est contraint d'employer ces larges rails qui entrent pour une si grande part dans les frais d'établissement du chemin. Ce poids excessif de la locomotive offre un second inconvénient, c'est qu'il fait perdre la plus grande partie de la puissance développée par la vapeur. Dans un convoi ordinaire, la moitié de la force motrice est employée à traîner la locomotive et son tender. Cette perte, déjà si considérable, s'accroît encore quand le convoi remonte une pente, et dans ce cas, la moitié de la puissance de la vapeur est uniquement employée à

traîner la machine, et se trouve ainsi dépensée sans utilité pour le service.

L'exploitation quotidienne des chemins de fer entraîne une dernière part de dépenses très-onéreuses; nous voulons parler des frais de traction et de combustible. Sur le railway de Liverpool à Manchester, la dépense annuelle pour la locomotive et le charbon se trouve portée, d'après un compte rendu de l'administration, à environ 1,500,000 fr. pour un transport de 121,872 kilogrammes par jour. Sur celui du Great-Western la dépense du coke représente à elle seule 25,250 fr. par semaine [1].

Frappés de l'évidence et de la gravité de ces faits, animés du désir de perfectionner une invention qui rend à la société de si éminents services, un grand nombre d'ingénieurs et de savants se sont appliqués depuis plusieurs années à la recherche de moyens nouveaux susceptibles de réaliser avec plus de sécurité et d'économie les transports sur nos routes ferrées. De ces travaux est sortie toute une série de systèmes destinés, dans la pensée de leurs auteurs, à remplacer un jour les moyens de locomotion actuellement en usage. Les différents procédés qui ont été proposés pour atteindre ce but peuvent se grouper comme il suit :

1° Le *système atmosphérique*. Dans ce nouveau sys-

[1] La considération des dépenses qui se lient à l'emploi des locomotives offre assez de gravité pour avoir autorisé quelques ingénieurs à conclure que les locomotives ne sont d'un usage avantageux que sur les lignes d'une grande étendue. Sur les chemins de fer d'un petit parcours il y aurait, selon eux, économie à se servir de chevaux.

tème, on supprime la locomotive, et l'on opère la traction à l'aide de machines aspirantes qui font le vide dans un tube de fonte disposé entre les rails au milieu de la voie. Ce nouveau moyen existe aujourd'hui en cours d'exploitation régulière en Irlande, entre Kingstown et Darkley, et, en France, sur une partie du chemin de fer de Paris à Saint-Germain.

2° Le *système électro-magnétique*, expérimenté en Allemagne, en 1838 et 1842, par M. Stœrer, de Francfort, et, en 1844, par M. Wagner. On se propose ici de substituer à l'action de la vapeur la puissance motrice qui se développe pendant l'attraction des aimants artificiels. Malheureusement l'insuffisance de la force qui prend naissance pendant les phénomènes électro-magnétiques a empêché jusqu'à ce jour d'appliquer économiquement à l'industrie les résultats avantageux que promet l'usage de cette puissance motrice, si facile à produire et si commode à manier. Les essais de ce nouveau mode de propulsion pour nos chemins de fer n'ont pu être, par conséquent, poursuivis encore avec succès.

3° Le *système hydraulique*, imaginé et essayé sur le chemin de fer de Dublin à Cork, par un ingénieur anglais, M. Shuttleworth. Dans ce système, on se propose de déterminer la progression des convois par une chute d'eau tombant d'une grande hauteur, et qui vient exercer une pression sur toute l'étendue d'une colonne d'eau contenue dans un tube disposé lui-même entre les rails sur tout le parcours de la voie.

4° Le *système Jouffroy*, qui ne présente pas une création nouvelle dans son ensemble, et ne se compose que d'une série de modifications plus ou moins

utiles apportées aux divers moyens mis en usage sur les chemins de fer actuels ; il est dû au fils du célèbre marquis de Jouffroy, dont les travaux sur la navigation par la vapeur ont été exposés dans ce volume.

5° Enfin, le *système éolique*, dont l'idée appartient à M. Andraud. Dans ce nouveau système, on supprime la locomotive et l'on imprime le mouvement aux voitures par l'effet de la compression et du refoulement de l'air dans un tuyau flexible couché au milieu de la voie. Un tube de cuir, rendu imperméable par plusieurs enveloppes de caoutchouc, est disposé tout le long de la voie entre les deux rails. Une voiture placée sur les rails repose sur ce tube à l'aide d'une large roue de bois dont elle est munie. Quand on vient, en ouvrant un robinet, à introduire de l'air comprimé dans le tube, celui-ci, subitement gonflé, pousse en avant la voiture en faisant office de coin, et la lance sur les rails. Le réservoir d'air comprimé, qui consiste en un canal enfoui sous le sol, est situé sur les bords de la voie; des machines à vapeur, disposées en nombre convenable sur l'étendue de la ligne, servent à condenser l'air dans ce réservoir[1]. Dans le système de M. Andraud, on supprime la locomotive; on se met par con-

[1] En raison de la faible intensité de la force motrice qui réside dans l'air comprimé, le système éolique ne pourrait servir à traîner de lourds convois composés d'une série de waggons : une seule voiture pourrait chaque fois être mise en marche. Cette disposition ne peut que rarement constituer un désavantage, et il y aurait au contraire une utilité marquée à établir sur les chemins de fer, au lieu de convois composés d'une douzaine de voitures partant trois ou quatre fois par jour un transport régulier formé d'une seule voiture partant chaque cinq ou six minutes.

séquent à l'abri des inconvénients qu'entraîne le poids considérable de cet appareil moteur, et des dépenses qu'absorbe son entretien. On peut tourner sans difficulté les courbes du plus petit rayon, les pentes ordinaires sont franchies sans obstacle, et si les rampes sont trop considérables, rien de plus simple que d'accroître la puissance motrice : il suffit d'augmenter les dimensions du tube propulseur. Cette faculté de tourner dans les courbes et de remonter certaines pentes simplifierait dans une proportion extraordinaire le tracé des chemins; ces énormes remblais, ces nivellements de terrain, ces viaducs, ces tunnels, qui sont une source de dépenses incalculables dans le tracé des chemins de fer ordinaires, disparaîtraient à la fois : la terre, telle à peu près que Dieu l'a faite, suffirait aux modestes nécessités de ce système. Les procédés de M. Andraud pourraient difficilement s'appliquer à des lignes étendues; mais tout indique qu'ils donneraient des résultats avantageux pour des chemins d'un petit parcours ou pour les embranchements des grandes lignes. Les avantages que son établissement présenterait dans de semblables conditions, nous paraissent dignes d'attirer l'attention des hommes pratiques sur ce simple et ingénieux procédé de locomotion.

Tel est à peu près l'ensemble des principaux moyens que l'on a proposés depuis une dizaine d'années pour remplacer l'usage des locomotives. Il nous serait impossible d'entrer ici dans l'examen détaillé de chacun de ces systèmes. La plupart d'entre eux sont encore à l'étude, et n'ont reçu que d'une manière très-incomplète la sanction de l'expérience. Or, on ne peut

juger avec certitude la valeur d'une invention de ce genre que, lorsque définitivement transportée dans la pratique, elle a permis d'apprécier, par le résultat d'une application quotidienne, ses avantages ou ses défauts. De tous les systèmes qui viennent d'être énumérés, un seul a été soumis à cet infaillible et sévère *criterium :* c'est le système atmosphérique qui fonctionne depuis quatre ans sur une partie du chemin de fer de Paris à Saint-Germain. Ce système est donc le seul que nous pourrons examiner ici avec quelque attention.

CHAPITRE VI.

Chemin de fer atmosphérique. — Origine de sa découverte. — Emploi du vide pour le transport des lettres. — Système de M. Medhurst. — M. Vallance. — Travaux de MM. Clegg et Samuda. — Établissement du chemin de fer atmosphérique de Kingstown en Irlande. — Chemin de fer atmosphérique de Paris à Saint-Germain.

Nous n'apprendrons rien à nos lecteurs en disant que la première idée de la locomotion atmosphérique appartient à Denis Papin. La machine à *double pompe pneumatique,* proposée par l'illustre physicien en 1687, renferme évidemment l'idée, déjà réalisée en partie, de l'emploi de la pression atmosphérique comme agent moteur. Cent vingt ans après, en 1810, un ingénieur danois, M. Medhurst, fit revivre cette idée presque oubliée. Dans une brochure intitulée : *Nouvelle mé-*

thode pour transporter des effets et des lettres par l'air, suivie, en 1812, d'un nouvel opuscule : *Quelques calculs et remarques tendant à prouver la possibilité de la nouvelle méthode*, etc., M. Medhurst proposa d'utiliser la pression de l'air pour le transport des lettres et des marchandises. Il parlait de construire une sorte de canal muni d'une paire de rails de fer, sur lesquels on placerait un petit chariot portant les lettres ou les paquets. Une machine pneumatique, installée à l'extrémité de ce canal, devait faire le vide dans cet espace ; un piston jouant librement à l'intérieur et dans toute l'étendue de ce tube, pressé par le poids de l'atmosphère extérieure, aurait ainsi été entraîné dans l'intérieur du canal en poussant le chariot devant lui. Mais l'ingénieur danois ne put réussir à attirer sur ses idées l'attention du public ; ses brochures restèrent chez le libraire, et ses modèles n'eurent pas un visiteur.

Bien que le système de M. Medhurst n'eût rien que de raisonnable, il était passé complétement inaperçu. Plusieurs années après, un autre inventeur en fit un projet extravagant, et le public anglais, fidèle à ses habitudes, ne laissa pas de s'y intéresser. En 1824, le gouvernement accorda à un M. Vallance un brevet pour la belle invention que voici. Ce que M. Medhurst avait imaginé pour les lettres et les paquets, M. Vallance l'appliquait sans autre détour aux voyageurs. Il proposait de construire un très-large tube de fer susceptible de tenir le vide, et occupant toute l'étendue de la distance à parcourir : dans ce tube, il plaçait des rails, sur ces rails des waggons, et dans ces waggons des voyageurs. On fermait à ses deux extré-

mités ce récipient de nouvelle espèce, une machine pneumatique en épuisait l'air, et la pression de l'atmosphère poussait à grande vitesse le train des voyageurs dans ce ténébreux séjour. M. Vallance exécuta sur la route de Brighton les essais de cette agréable invention. Il fit construire en bois de sapin un tunnel provisoire, qui n'avait pas moins de 2 mètres de diamètre, et dans lequel il faisait circuler ses voitures. Les habitants de Brighton accouraient en foule sur les bords de la route pour être témoins des essais de l'excentrique inventeur. Cependant personne ne consentit à servir de sujet à une expérience complète : pour cette fois, l'horreur du vide était parfaitement à sa place.

Le premier inventeur, M. Medhurst, qui voyait ses idées tomber dans l'absurde, les reprit pour les laver du ridicule. Il s'occupa de perfectionner son premier projet et il y réussit pleinement, car c'est à lui qu'appartient la découverte du système actuel des chemins de fer atmosphériques. M. Medhurst publia, en 1827, une courte brochure intitulée : *Nouveau système de transport et de véhicule par terre pour les bagages et les voyageurs.* L'ingénieur danois proposait deux procédés : le premier reproduisait son ancien projet d'un canal fermé de toutes parts, mais il ne l'appliquait qu'aux bagages; le second était consacré au transport des voyageurs. Ce nouveau système, qui n'est autre que celui que nous voyons aujourd'hui mis en pratique, présentait les dispositions suivantes : un tube de fer était couché entre les deux rails, au milieu et dans toute l'étendue de la voie d'un chemin de fer ordinaire; un piston parcourait toute la capacité intérieure de ce tube, et il se trouvait rattaché par

une tige aux waggons chargés de voyageurs. Pour livrer passage à cette tige de communication dans tout le trajet du tube, sans donner un accès à l'air extérieur, M. Medhurst proposait de placer à la partie supérieure du tube, et sur toute son étendue, une rainure occupée par une couche d'eau, qui devait livrer passage à la tige de communication pour se fermer derrière le convoi. Ce genre de soupape était inapplicable, puisqu'il exigeait une horizontalité parfaite du sol; cependant le principe était trouvé, et les conditions du problème nettement posées, il ne restait qu'à les remplir.

Plusieurs ingénieurs s'occupèrent aussitôt de créer un nouveau système de soupape qui pût répondre à cet important et difficile objet, de donner passage à la tige de communication, et de refermer aussitôt le tube de manière à y maintenir le vide. Un grand nombre d'essais furent tentés dans cette direction. La soupape formée d'un assemblage de cordes, proposée, en 1834, par l'ingénieur américain Pinkus, ne remplit qu'imparfaitement ces conditions. Enfin, en 1838, MM. Clegg et Samuda, constructeurs à Wormwood-Scrubs, près de Londres, trouvèrent une solution tellement satisfaisante du problème, qu'elle permit de transporter aussitôt dans la pratique le nouveau procédé de locomotion de l'ingénieur danois.

La soupape de MM. Clegg et Samuda se composait d'une lanière de cuir disposée à la partie supérieure et sur tout le trajet du tube propulseur; elle servait à boucher l'ouverture longitudinale ménagée sur toute son étendue. Fixée au tube par l'un de ses bords, elle faisait ainsi fonction de charnière; elle était soulevée

par la tige qui servait à lier le piston aux waggons; après le passage de cette tige, elle se refermait par suite de son poids, augmenté de celui de deux lames de tôles flexibles fixées sur chacune de ses faces. Pour rendre l'occlusion plus parfaite, le bord libre de la lanière de cuir reposait sur une entaille creusée dans la rainure, et cette entaille était remplie elle-même d'un mastic résineux. Après le passage de la tige de communication, une roue de bois adaptée au waggon directeur comprimait fortement la lanière de cuir contre sa rainure, et la replaçait dans la position qu'elle occupait auparavant; la faible chaleur développée par cette compression avait pour effet de rendre le mastic plus fluide, et de faciliter ainsi l'adhérence qu'il provoquait entre la bande de cuir et le métal. Dans l'origine, on avait même ajouté au rouleau compresseur un fourneau en grillage rempli de charbons incandescents, qui fluidifiaient le mastic sur leur passage; mais cet engin assez ridicule fut bientôt supprimé.

Cet ingénieux système de soupape fut essayé pour la première fois, en France, en 1838. MM. Clegg et Samuda en firent exécuter les essais à Chaillot et au Havre, sur un petit chemin de fer d'épreuve. L'invention, alors dans son enfance, fit peu de bruit et n'éveilla guère que des critiques. On ne croyait pas à la possibilité de maintenir le vide dans un tube de plusieurs kilomètres, incessamment ouvert et refermé par une tige qui le parcourait avec une vitesse excessive; les hommes pratiques avaient de la peine à considérer d'un œil sérieux cet immense conduit, ce mastic fondu et ce réchaud voyageur. Mais les inven-

teurs ne perdirent pas courage, et après avoir avantageusement modifié la confection de leurs appareils, ils établirent aux portes de leurs ateliers, à Wormwood Scrubs, non plus un modèle de petite dimension, mais un véritable chemin de fer de la longueur de près d'un kilomètre, offrant une pente sensible dans une partie de son parcours; une pompe pneumatique, mise en action par une machine à vapeur de la force de seize chevaux, opérait le vide dans le tube. Les waggons étaient entraînés avec une vitesse de dix à douze lieues par heure.

Le public, qui fut admis à prendre place dans les voitures, accueillit avec faveur les essais de ce curieux système. Mais quelques hommes de l'art, véritables dictateurs de l'opinion publique en Angleterre, se montrèrent plus difficiles, et déclarèrent d'un commun accord que l'invention ne pouvait être prise au sérieux. MM. Clegg et Samuda réclamèrent vainement contre la sévérité d'un tel arrêt; ils ne purent réussir à trouver à Londres le plus faible appui. Mais l'Irlande, encore à peu près dénuée de chemins de fer, avait intérêt à accueillir les découvertes nouvelles : elle offrit aux inventeurs un théâtre favorable pour l'expérimentation de leurs idées. En 1840, M. Pim, trésorier de la compagnie du chemin de fer de Dublin à Kingstown, sur la foi des expériences dont il avait été témoin dans les ateliers de M. Clegg, proposa aux actionnaires de sa compagnie d'établir, à titre d'essai, le système atmosphérique à l'une des extrémités du chemin de Dublin, entre Kingstown et Dalkey. Pour encourager cet essai, le gouvernement anglais accorda aux inventeurs un prêt gratuit de 625,000 francs, des-

tiné à faire face aux premiers frais de l'entreprise.

Le chemin de fer de Kingstown à Dalkey fut terminé le 19 août 1843. On se mit aussitôt en devoir de procéder au premier voyage d'essai. Un convoi composé de trois voitures chargées de plus de cent personnes fut placé à la tête de la ligne, et le vide ayant été opéré par les machines, il fut abandonné à lui-même. On lira peut-être avec intérêt le récit donné par le *Morning Advertiser* de cette première expérience qui eut en Angleterre un grand retentissement.

« Trois voitures, dit ce journal, furent placées à la station de Kingstown. A la première était attaché le piston qui se meut dans le tube et une mécanique pour modérer la vitesse du train et s'arrêter à Dalkey; une mécanique de cette sorte fut aussi attachée à la deuxième voiture, qui contenait un grand nombre d'ouvriers; la troisième était réservée aux directeurs et à leurs amis, en tout plus de cent personnes. Tout ce monde était curieux de savoir le résultat du premier voyage.

« Tout étant prêt, vers six heures du soir, la machine à vapeur de Dalkey mit en mouvement la pompe pneumatique. Elle marcha si bien, qu'en une demi-minute le vide fut obtenu dans le tube. Les signaux nécessaires furent faits; le train partit, et quatre minutes après il avait atteint Dalkey. On ne peut se faire une idée de la facilité avec laquelle marche la machine, même au milieu des courbes les plus roides que l'on trouve sur cette ligne. Le train glisse sur les rails presque sans qu'on s'en aperçoive; point de fumée, point de bruit comme dans les chemins de

fer à vapeur. Les mécaniques pour modérer le mouvement sont suffisantes; on a arrêté à Dalkey avec la plus grande facilité. Le succès complet de cette expérience prouve que désormais la pression de l'air atmosphérique peut être appliquée aux chemins de fer. »

Les expériences subséquentes ayant confirmé ces premiers faits, le chemin de fer atmosphérique commença son service public de Kingstown à Dalkey.

Les résultats obtenus en Irlande frappèrent beaucoup l'attention. L'Angleterre et la France s'en émurent particulièrement. Deux années après, une compagnie anglaise décidait l'établissement d'un railway atmosphérique de Londres à Croydon. Ce chemin de fer, dont l'exécution rencontra beaucoup de difficultés, offre une particularité intéressante. Entre Norwood et Croydon, il traverse, sur un viaduc gigantesque, les deux chemins de fer ordinaires de Brighton et de Douvres.

C'est sous l'influence de ces faits que, pendant l'année 1844, le ministre des travaux publics en France, désireux de s'éclairer sur la valeur positive de ces nouveaux procédés et de reconnaître leur influence sur l'avenir de nos chemins de fer, envoya en Irlande un inspecteur des ponts et chaussées, M. Mallet, avec mission d'y étudier les appareils de MM. Clegg et Samuda. M. Mallet fit connaître, dans divers rapports, toutes les conditions du chemin de fer atmosphérique de Kingstown. Il entra dans des développements étendus sur les frais de son établissement, et compara sous ce double rapport les deux systèmes rivaux. Cet ingénieur, à qui l'on a reproché d'avoir vu d'un œil

trop indulgent le système irlandais, s'attacha à combattre les objections qu'il soulevait, et finalement demanda au ministre que l'on en fît parmi nous un essai sur une étendue suffisante.

Adoptant les vues de M. Mallet, le gouvernement décida que le système atmosphérique serait soumis à l'épreuve définitive de l'exécution pratique. Un projet de loi fut donc présenté aux chambres, demandant pour cet objet une allocation de 1,800,000 francs. La loi fut votée le 5 août 1844; une ordonnance du 2 novembre de la même année arrêta que l'expérience aurait lieu entre Nanterre et le plateau de Saint-Germain. A cette époque, le chemin de fer de Paris à Saint-Germain s'arrêtait à la commune du Pecq, au pied de la colline. On vit avec raison, dans le choix de cet emplacement, un moyen décisif de juger le nouveau système dans les conditions où il peut offrir le plus d'avantages, c'est-à-dire lorsqu'il s'agit de faire remonter aux convois des pentes d'une inclinaison considérable. La ville de Saint-Germain y trouvait d'ailleurs l'avantage de faire arriver jusqu'à elle les convois qui s'arrêtaient forcément au bas du plateau; elle ajouta donc une somme de 200,000 francs aux 1,800,000 francs alloués par l'État.

Le chemin de fer atmosphérique, qui devait être établi de Nanterre au plateau de Saint-Germain, sur une longueur de plus de deux lieues, n'a été en réalité exécuté que dans l'intervalle de deux kilomètres et demi qui sépare Saint-Germain du pont de Montesson, dans le bois du Vésinet. Il fut terminé en 1847. Tout le monde connaît les travaux d'art si remarquables que nos ingénieurs ont exécutés pourfranchir la

différence de 50 mètres de niveau qui existe entre l'embarcadère et le pont de Montesson. Vus de la terrasse de Saint-Germain, ils présentent un aspect plein de hardiesse et d'élégance. Ces travaux consistent en un pont de dix arches jetés sur la Seine, dans le point où l'île Corbière la divise en deux bras. Les arches de ce pont ont chacune une portée de 32 mètres. Vient ensuite un magnifique viaduc de vingt arches, de l'aspect le plus gracieux et le plus hardi, dont l'exécution présenta de grands obstacles, en raison de la nature du terrain sur lequel reposent ses fondations. A peu de distance de ce viaduc, le chemin atmosphérique s'engage dans un souterrain qui passe sous la terrasse de Saint-Germain; on entre ensuite dans une longue tranchée pratiquée dans la forêt, on pénètre de là dans un petit souterrain qui s'étend sous le parterre de la terrasse, et l'on arrive enfin à l'entrée de la gare, que quelques marches seulement séparent des salles d'attente situées de plain-pied avec la place du Château, dans l'intérieur de la ville.

Le chemin de fer atmosphérique établi du bois du Vésinet au plateau de Saint-Germain sert depuis quatre ans au transport des voyageurs; il fait suite au chemin de fer ordinaire partant de Paris. Jusqu'au pont de Montesson, le trajet s'accomplit sur l'ancien chemin de fer; le reste du trajet, jusqu'à Saint-Germain, se fait sur le chemin atmosphérique. Ce changement de système s'effectue très-rapidement, et pour ainsi dire sans que les voyageurs aient le temps de s'en apercevoir. Arrivé à la station de Montesson, le train s'arrête, la locomotive passe derrière lui et le pousse au moyen d'un croisement de rails sur la voie

atmosphérique. On accroche la première voiture du convoi au waggon directeur du chemin atmosphérique; aussitôt, sur un signal donné par le télégraphe électrique, les machines pneumatiques installées à Saint-Germain se mettent à fonctionner. L'air du tube est aspiré en quelques instants, et le convoi se met en marche. Le trajet s'accomplit en trois minutes. Le retour de Saint-Germain au pont de Montesson s'effectue par le seul poids du convoi roulant sur la pente descendante. Le conducteur n'a d'autre manœuvre à effectuer que de serrer les freins pour s'opposer à une trop grande accélération de vitesse. Arrivé à la station de Montesson, le convoi repasse sur la voie du chemin de fer ordinaire, et une locomotive tenue prête le ramène à Paris.

Il nous reste à donner quelques détails sur le mécanisme des appareils moteurs du chemin atmosphérique de Saint-Germain. Le tube propulseur couché entre les rails, et qui se trouve maintenu par de simples chevilles sur les traverses de bois qui supportent ces derniers, est coulé en fonte et résulte de l'assemblage de plusieurs cylindres semblables. Il présente sur son trajet de larges cercles assez rapprochés formant saillie, qui ont pour objet de le renforcer et d'augmenter sa résistance. Son diamètre intérieur est de 63 centimètres. Il est formé de 850 portions et pèse 490 kilogrammes le mètre courant. Quant à la soupape, elle est en tout semblable à celle de MM. Clegg et Samuda. Elle est formée d'une longue bande de cuir fortifiée par des lames de tôle mince et flexible; un mastic formé d'huile de phoque, de cire, de caoutchouc et d'argile, maintient son adhérence avec le

tube. Le piston est muni, à sa partie antérieure, d'une sorte de long couteau disposé angulairement; à mesure qu'il s'avance dans le tube, ce couteau soulève la soupape de manière à laisser passer la tige de communication des waggons; après le passage du convoi, la soupape retombe par l'effet de sa pesanteur, et le rouleau compresseur vient, en pesant sur elle, la replacer dans sa situation primitive. Quand la soupape est soulevée par le couteau, elle laisse forcément rentrer un peu d'air extérieur dans le tube, mais comme les machines pneumatiques continuent de fonctionner pendant la marche du convoi, cette petite quantité d'air est expulsée à mesure qu'elle s'introduit, et le vide est ainsi toujours à peu près maintenu.

Les machines pneumatiques installées à Saint-Germain, et destinées à faire le vide dans le tube propulseur, sont la partie la plus curieuse et la plus remarquable du matériel atmosphérique. Elles sont établies sur des proportions gigantesques et avec une perfection dont l'industrie française se montre fière à bon droit. Des machines à vapeur les mettent en action. Les chaudières destinées à produire la vapeur, les cylindres qui mettent en jeu sa puissance mécanique, et les pompes manœuvrées par les pistons de ces cylindres pour faire le vide dans le tube, sont disposés dans un immense bâtiment construit en pierre de taille, vitré par le haut, supporté par une charpente de fer et soutenu en son milieu par une colonne creuse par laquelle s'écoulent les eaux pluviales; un escalier placé au centre du bâtiment conduit à l'étage où sont disposés les cylindres des machines à vapeur;

les chaudières, au nombre de six, sont placées au-dessous. Les cylindres des machines à vapeur sont couchés horizontalement comme des pièces de canon. Le mouvement de leurs pistons se communique aux cylindres pneumatiques par une bielle qui agit sur une roue dentée de dimensions extraordinaires, puisque son diamètre n'est pas moindre de 5 mètres. C'est cette roue dentée qui fait mouvoir les pompes pneumatiques. Ces pompes, au nombre de deux, sont placées au bas de l'édifice et rangées de chaque côté de l'escalier. Elles peuvent extraire 4 mètres cubes d'air par seconde. Les machines à vapeur, de la force de deux cents chevaux chacune, sont à haute pression, à condenseur et à détente. Elles ne fonctionnent pas d'une manière continue et n'entrent en action pour faire le vide qu'au moment où le convoi doit se mettre en marche. Rien n'est curieux à voir comme ces immenses machines immobiles et silencieuses, qui tout d'un coup s'éveillent pour agiter leurs gigantesques leviers : trois minutes après, le convoi passe comme un éclair, puis tout retombe dans le silence.

On a dit plus haut que pour apprécier la valeur positive des nouveaux systèmes de chemins de fer, il faut invoquer les résultats de l'exécution pratique. Si cette vérité avait besoin d'une démonstration nouvelle, ce qui s'est passé au chemin atmosphérique de Saint-Germain en fournirait une preuve éclatante. Étudié au point de vue théorique et dans les conditions particulières où l'on avait pu l'observer, le système atmosphérique avait séduit beaucoup d'esprits et fait concevoir d'assez hautes espérances. Or, il a été exécuté chez nous avec tous les soins désirables,

avec le concours des plus habiles ingénieurs du pays, et la pratique a démenti tristement les prévisions de la théorie. Les résultats de la grande expérience qui depuis quatre ans est en cours d'exécution quotidienne sur la route de Saint-Germain établissent que si le système atmosphérique est susceptible de donner de bons résultats sous le rapport mécanique, au point de vue financier il est plus que désastreux. Les devis pour l'exécution de ce chemin, depuis Nanterre jusqu'à Saint-Germain, portaient la dépense totale au chiffre de deux millions. Or le chemin n'a été exécuté que sur une partie de cette distance, sur l'étendue de 2 kilomètres et demi qui sépare le pont de Montesson du plateau de Saint Germain, et tout compte fait, l'ensemble des dépenses a dépassé la somme de six millions. Ce chiffre rend toute discussion superflue. Le système atmosphérique, que l'on avait préconisé comme devant introduire une économie notable dans les frais d'établissement des chemins de fer, est infiniment plus coûteux que le système ordinaire.

Quelques personnes ont voulu expliquer un résultat si accablant pour le chemin de fer atmosphérique par les difficultés qu'offrait le parcours de Nanterre à Saint-Germain, en raison de la hauteur extraordinaire de la rampe à franchir. On pourrait répondre que le système atmosphérique étant présenté surtout comme propre à triompher de l'inégalité des terrains, toute son utilité disparaît dès le moment où il ne peut servir avec avantage dans ces conditions particulières. Mais là n'est pas la seule réponse à adresser aux partisans de ce mode de transport. L'expérience décisive

à laquelle le chemin atmosphérique a été soumis au milieu de nous a mis en lumière plusieurs inconvénients inhérents à son emploi, et dont la gravité suffirait à elle seule pour en prescrire l'abandon. Nous les résumerons en quelques mots.

Avec le système atmosphérique, on ne peut, sans de très-grandes difficultés, établir des embranchements continus. Il faudrait nécessairement, pour changer de voie, installer à l'extrémité de la nouvelle ligne une machine pneumatique destinée à faire le vide dans le tuyau de ce nouveau parcours. En second lieu, la rencontre et les intersections des grandes routes y créent des obstacles presque insurmontables. En raison du gros tube couché entre les rails, les charrettes et les voitures ne peuvent traverser la voie comme elles traversent celle de nos chemins de fer ordinaires, en passant par-dessus les rails; il faut donc, à chaque croisement avec les grandes routes, élever un pont ou creuser un souterrain de manière à donner passage aux voitures au-dessus ou au-dessous de la voie.

Un autre vice du système atmosphérique, vice des plus graves, bien qu'il frappe moins l'esprit au premier aperçu, c'est la nécessité où l'on se trouve de conserver sur toute l'étendue de la route la même intensité à la puissance motrice. En général, quand un chemin de fer rencontre une pente, la force à développer par la machine qui entraîne le convoi doit s'accroître pour surmonter cette résistance; quand le terrain reprend ensuite le niveau, la force de traction doit diminuer. Ces variations nécessaires dans l'intensité des forces agissantes, nos locomotives les produi-

sent sans difficulté, il suffit pour cela d'augmenter ou de diminuer la puissance de la vapeur; mais le système atmosphérique ne peut réaliser ces alternatives utiles dans l'intensité de l'agent moteur. La force qu'il développe dépend, en effet, de l'étendue de la surface du piston qui se meut dans l'intérieur du tube sous le poids de la pression extérieure. Or la surface du piston est toujours la même, la force motrice doit donc conserver la même intensité sur toute l'étendue du trajet, soit que le convoi trouve une résistance en s'élevant le long d'une rampe, soit que cette résistance diminue quand le chemin reprend le niveau. Pour augmenter ou diminuer l'intensité de l'action motrice, il faudrait pouvoir faire varier la surface du piston; or cela est impossible, il faut donc se contenter d'une égale intensité de force sur toute l'étendue de la ligne.

Nous ajouterons, comme dernière difficulté s'opposant à l'application du système atmosphérique, les dépenses considérables qu'entraîne son exploitation quotidienne. L'immense appareil mécanique établi à Saint-Germain, ces gigantesques machines pneumatiques, ces six chaudières à vapeur, ne fonctionnent guère que trois minutes par heure. Pendant tout le reste du temps, leur service est inutile, et l'on est contraint d'arrêter, comme on le peut, le tirage de la cheminée, pour le rétablir une heure après au moment du travail [1]. Au point de vue industriel, un tel

[1] Pour parer autant que possible à cet inconvénient, on opère à Saint-Germain de la manière suivante. On laisse tomber le feu en fermant la clef de la cheminée; ensuite, au moment où le travail doit reprendre, on fait mouvoir un ventilateur qui active le tirage et rallume le feu. Ces précautions sont évidem-

état est déplorable à tous égards et suffirait au besoin pour motiver l'abandon de ce système.

En résumé, l'expérience de Saint-Germain a condamné le système atmosphérique. Les résultats obtenus en Angleterre, sur le chemin de Croydon à Londres, ont dû amener à une semblable conclusion, car depuis cinq ans on a repris sur ce chemin l'usage des locomotives. Le chemin de Kingstown à Dalkey et celui de Saint-Germain sont les seuls de ce genre qui fonctionnent encore en Europe, et tout annonce que ce seront les derniers, au moins avec les dispositions adoptées aujourd'hui.

Ainsi, de tous les moyens proposés de nos jours pour remplacer le système actuel des chemins de fer, un seul a été soumis à l'épreuve d'une expérience décisive, et il s'est montré, sur tous les points, inférieur à son rival. Faut-il généraliser ce résultat, et de l'insuccès du système atmosphérique conclure que tous les nouveaux procédés de locomotion récemment imaginés, soumis à la même épreuve, éprouveraient le même sort? La logique repousse cette conclusion absolue. Cependant le sentiment des hommes de l'art y incline manifestement; l'échec de Saint-Germain a déterminé un retour favorable vers le système actuel des chemins de fer et fait envisager ses imperfections d'un œil plus indulgent. En définitive, l'opinion des ingénieurs flotte en ce moment assez irrésolue. Gardons-nous d'ailleurs de porter un jugement sévère sur ces hésitations de la science. L'histoire nous ap-

ment insuffisantes; la quantité de houille consumée chaque jour, comparée au travail produit, dénote une perte considérable de combustible.

prend que chacune des grandes inventions de notre époque a dû traverser une période toute semblable de tâtonnements et d'incertitudes. Espérons seulement qu'il nous sera bientôt donné de la franchir, et qu'une solution décisive du grand problème qui s'agite viendra porter à son plus haut degré de perfection cette invention admirable qui a déjà rendu au monde de si précieux services.

NOTES.

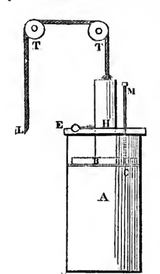
NOTE I.

MÉMOIRE DE PAPIN SUR LA MACHINE ATMOSPHÉRIQUE.

Nouvelle méthode pour obtenir à bas prix des forces motrices considérables, par Denis Papin.

Dans la machine destinée au nouvel usage que l'on voulait faire de la poudre à canon, et dont la description se trouve dans les *Actes des érudits* du mois de septembre 1688, on désirait surtout que la poudre allumée dans la partie inférieure du tube remplît de flamme sa capacité entière, pour que l'air en fût complétement chassé, et que le tube placé au-dessous du piston restât tout à fait vide d'air. On a dit alors que le résultat n'avait pas été satisfaisant, et que, malgré toutes les précautions dont on a parlé, il était toujours resté dans le tube environ la cinquième partie de l'air qu'il peut contenir. De là deux inconvénients : 1° on n'obtient que la moitié de l'effet désiré, et on n'élève à la hauteur d'un pied qu'un poids de 150 livres au lieu de 300, qui auraient dû être élevées si le tube avait été parfaitement vide; 2° à mesure que le piston descend, la force qui le presse du haut en bas diminue graduellement, comme on l'a observé au même endroit. Il est donc indispensa-

ble que nous tentions, par un moyen quelconque, de diminuer la résistance dans la même proportion que la force motrice diminue elle-même, pour que cette force motrice la surpasse jusqu'à la fin. C'est ainsi que dans les horloges portatives (les montres) on ménage avec art la force inégale du ressort qui meut tout le système, afin que pendant tout le temps il puisse vaincre, avec une égale facilité, la résistance des roues. Mais il serait bien plus commode encore d'avoir une force motrice toujours égale depuis le commencement jusqu'à la fin. On a donc fait dans ce but quelques essais pour obtenir un vide parfait à l'aide de la poudre à canon; car par ce moyen, comme il n'y aurait plus d'air pour résister au piston, toute la colonne atmosphérique supérieure pousserait ce piston jusqu'au fond du tube avec une force uniforme. Mais jusqu'à ce moment, toutes les tentatives ont été infructueuses, et après l'extinction de la poudre enflammée, il est toujours resté dans le tube environ la cinquième partie de l'air. J'ai donc essayé de parvenir par une autre route au même résultat, et comme, par une propriété qui est naturelle à l'eau, une petite quantité de ce liquide, réduite en vapeur par l'action de la chaleur, acquiert une force élastique semblable à celle de l'air, et revint ensuite à l'état liquide



par le refroidissement, sans conserver la moindre apparence de sa force élastique, j'ai été porté à croire que l'on pourrait construire des machines où l'eau, par le moyen d'une chaleur modérée, et sans frais considérables, produirait le vide parfait que l'on ne pouvait pas obtenir à l'aide de la poudre à canon. Parmi les différentes constructions que l'on peut imaginer à cet effet, voici celle qui m'a paru la plus commode.

A est un tube d'un diamètre partout égal, exactement fermé dans sa partie inférieure; B est un piston adapté à ce tube; H un manche, ou tige, fixé au piston; EH

une verge de fer qui se meut horizontalement autour de son axe ; un ressort presse la verge de fer EH de manière à la pousser nécessairement dans l'ouverture H aussitôt que le piston et sa tige sont élevés à une hauteur telle que l'ouverture soit audessus du couvercle ; C est un petit trou pratiqué dans le piston par lequel l'eau peut sortir du fond du tube A lorsqu'on enfonce, pour la première fois, le piston dans ce tube.

Voici quel est l'usage de cet instrument : on verse dans le tube A une petite quantité d'eau, à la hauteur de trois ou quatre lignes, puis on introduit le piston, et on le pousse jusqu'au fond, jusqu'à ce qu'une partie de l'eau versée sorte par le trou C ; alors ce trou est fortement bouché par la verge M ; on place ensuite le couvercle où sont pratiquées les ouvertures nécessaires. Au moyen d'un feu modéré, le tube A, qui est en métal très-mince, s'échauffe bientôt, et l'eau changée en vapeur exerce une pression assez forte pour vaincre le poids de l'atmosphère, et pousser en haut le piston B jusqu'au moment où le trou H de la tige du piston s'élève au-dessus du couvercle ; alors on entend le bruit de la verge EH, poussée dans l'ouverture H par le ressort. Il faut, dans ce moment, ôter aussitôt le feu, et les vapeurs renfermées dans le tube à minces parois se résolvent bientôt en eau par l'action du froid, et laissent le tube parfaitement vide d'air. On retire ensuite la verge EH de l'ouverture H, ce qui permet à la tige de redescendre ; aussitôt le piston B éprouve la pression de tout le poids de l'atmosphère, qui produit avec d'autant plus de force ce mouvement désiré que le diamètre du tube est plus grand. On ne peut douter que le poids de la colonne atmosphérique ne soit mis tout entier à profit dans des tubes de cette espèce. J'ai reconnu, par expérience, que le piston élevé par la chaleur au haut du tube redescendait peu après jusqu'au fond, et cela à plusieurs reprises, en sorte que l'on ne peut supposer l'existence de la plus petite quantité d'air qui resterait dans le fond du tube ; or mon tube, dont le diamètre n'excède pas deux doigts, élève cependant un poids de 60 livres avec la même vitesse que le piston descend dans le tube, et le tube lui-même pèse à peine 5 onces. Je suis donc convaincu qu'on pourrait faire des tubes pesant au plus 40 livres chacun, et qui cependant pourraient à chaque mouvement élever à 4 pieds de haut un poids de 2,000 livres. J'ai éprouvé,

d'ailleurs, que l'espace d'une minute suffit pour qu'avec un feu modéré le piston soit porté jusqu'au haut de mon tube; et comme le feu doit être proportionné au diamètre des tubes, de très-grands tubes pourraient être échauffés presque aussi vite que des petits : on voit clairement par là quelles immenses forces motrices on peut obtenir au moyen d'un procédé si simple, et à quel bas prix. On sait en effet que la colonne d'air pesant sur un tube de 1 pied de diamètre égale à peu près 2,000 livres ; que si le diamètre est de 2 pieds, ce poids sera environ de 8.000 livres, et que la pression augmentera, ainsi de suite, en raison des diamètres. Il suit de là que le feu d'un fourneau qui aurait un peu plus de 2 pieds de diamètre suffirait pour élever à chaque minute 8,000 livres pesant à une hauteur de 4 pieds, si l'on avait plusieurs tubes de cette hauteur, car le feu, renfermé dans un fourneau de fer un peu mince, pourrait être facilement transporté d'un tube à un autre ; et ainsi le même feu procurerait continuellement, soit dans l'un, soit dans l'autre tube, ce vide dont les effets sont si puissants. Si l'on calcule maintenant la grandeur des forces que l'on peut obtenir par ce moyen, la modicité des frais nécessaires pour acquérir une quantité de bois suffisante, on avouera sans doute que notre méthode est de beaucoup supérieure à l'usage de la poudre à canon, dont on a parlé plus haut, surtout puisqu'on obtient ainsi un vide parfait, et qu'on obvie aux inconvénients que nous avons énumérés. Comment peut-on employer cette force pour tirer hors des mines l'eau et le minerai, pour lancer des globes de fer à de grandes distances, pour naviguer contre le vent et pour faire beaucoup d'autres applications? C'est ce qu'il serait beaucoup trop long d'examiner. Mais chacun, dans l'occasion, doit imaginer un système de machines approprié au but qu'il se propose. Je dirai cependant ici en passant sous combien de rapports une force motrice de cette nature serait préférable à l'emploi des rameurs ordinaires pour imprimer le mouvement aux vaisseaux : 1° les rameurs ordinaires surchargent le vaisseau de tout leur poids, et le rendent moins propre au mouvement; 2° ils occupent un grand espace, et par conséquent embarrassent beaucoup sur le vaisseau ; 3° on ne peut pas toujours trouver le nombre d'hommes nécessaires; 4° les rameurs, soit qu'ils travaillent en mer, soit qu'ils se reposent dans le port, doivent

toujours être nourris, ce qui n'est pas une petite augmentation de dépense. Nos tubes, au contraire, ne chargeraient, comme on l'a dit, le vaisseau que d'un poids très-faible; ils occuperaient peu de place; on pourrait se les procurer en quantité suffisante s'il existait une fois une fabrique pour les confectionner; et enfin ces tubes ne consumeraient du bois qu'au moment de l'action, et n'entraîneraient aucune dépense dans le port. Mais comme des rames ordinaires seraient mues moins commodément par des tubes de cette espèce, il faudrait employer des roues à rames telles que je me souviens d'en avoir vu dans la machine construite à Londres, par l'ordre du sérénissime prince palatin Rupert. Elle était mise en mouvement par des chevaux à l'aide de rames de cette espèce, et laissait de bien loin derrière elle la chaloupe royale, qui avait cependant seize rameurs. Il n'est pas douteux que nos tubes pussent imprimer un mouvement de rotation à des rames fixées à un axe, si les tiges des pistons étaient armées de dents qui s'engrèneraient nécessairement dans des roues également dentées et fixées à l'axe des rames. Il serait nécessaire seulement que l'on adaptât trois ou quatre tubes au même axe, pour que son mouvement pût continuer sans interruption. En effet, tandis qu'un piston toucherait au fond de son tube, et ne pourrait plus, par conséquent, faire tourner l'axe avant que la force de la vapeur l'eût élevé au sommet du tube, on pourrait, au moment même, éloigner l'arrêt d'un autre piston qui, en descendant, continuerait le mouvement de l'axe. Un autre piston serait ensuite poussé de la même manière et exercerait sa force motrice sur le même axe, tandis que les pistons, abaissés en premier lieu, seraient de nouveau élevés par la chaleur, et se retrouveraient ainsi en état de mouvoir le même axe de la manière précédemment décrite. D'ailleurs, un seul fourneau et un peu de feu suffiraient pour élever successivement tous les pistons. Mais on objectera peut-être que les dents des tiges engrenées dans les dents des roues exerceront sur l'axe des actions en sens inverse quand elles descendront et quand elles remonteront, et qu'ainsi les pistons montants contrarieront le mouvement des pistons descendants, et réciproquement. Cette objection est sans force. Tous les mécaniciens connaissent parfaitement un moyen par lequel on fixe à un axe des roues dentées qui, mues dans un

sens, entraînent l'axe avec elles, et qui, dans l'autre sens, ne lui communiquent aucun mouvement, et le laissent obéir librement à la rotation opposée. La principale difficulté est donc d'avoir une fabrique où l'on forge facilement ces grands tubes, comme on l'a dit en détail dans les *Actes des érudits* du mois de septembre 1688. Et cette nouvelle machine doit être un nouveau motif pour accélérer cet établissement, car elle démontre clairement que ces grands tubes pourraient être appliqués très-commodément à plusieurs usages importants.

(*Actes des érudits,* août 1690.)

NOTE II.

TEXTE DU PREMIER BREVET DE JAMES WATT.

Ma méthode pour diminuer la dépense de la vapeur, et par conséquent celle du combustible employé pour alimenter les foyers des machines, est basée sur les principes suivants :

Premièrement. Il faut que la capacité dans laquelle doit agir la vapeur pour mettre en mouvement la machine, capacité qu'on appelle cylindre dans les machines à feu ordinaires, et à laquelle je donne le nom de *vase à vapeur ;* il faut, dis-je, que cette capacité, pendant tout le temps que la machine est en jeu, soit entretenue au même degré de chaleur que la vapeur qui y est introduite. Or il est facile d'obtenir ce résultat, soit en couvrant le cylindre d'une enveloppe de bois ou de tout autre matière qui laisse difficilement échapper la chaleur, soit en l'entourant de vapeurs ou autres corps échauffés, ou enfin en n'y laissant pénétrer ni eau, ni aucune autre substance plus froide que la vapeur, dont le simple contact pourrait avoir des inconvénients.

Secondement. Il faut que la machine fonctionne en totalité ou en partie par l'effet de la condensation de la vapeur ; cette condensation doit toujours s'opérer hors du cylindre et dans un vaisseau séparé, bien que communiquant momentanément avec lui. Ces vaisseaux, que j'appelle *condenseurs,* doivent,

pendant tout le temps que marche la machine, être entretenus au degré de température de l'air extérieur, par l'application d'eau ou autres corps refroidissants.

Troisièmement. Tout air ou tout fluide élastique, qui, s'étant dégagé pendant la condensation produite par le froid du condenseur, pourrait entraver le jeu de la machine, doit en être extrait au moyen d'une pompe manœuvrée par la machine même ou autrement.

Quatrièmement. Je me propose dans plusieurs circonstances pour agir sur les pistons, ou sur toute autre pièce qui pourrait les remplacer, de substituer l'emploi de la force *expansive de la vapeur* à celui de la pression atmosphérique, maintenant en usage dans les machines ordinaires. Dans le cas où il serait difficile de se procurer de l'eau froide en quantité suffisante pour la condensation, la machine pourrait encore marcher par *la force de la vapeur*, avec cette seule modification qu'on laisserait la vapeur s'échapper *dans l'air* dès qu'elle aurait achevé ses fonctions.

Cinquièmement. Lorsque j'ai besoin d'un mouvement circulaire, je donne *aux vases à vapeur la forme d'anneaux creux, avec des passages convenablement ménagés pour l'entrée et la sortie de la vapeur; chaque cercle ou anneau est monté sur un axe ou arbre horizontal, comme la roue d'un moulin à eau*. Ces anneaux, dans leur cavité, sont garnis d'un certain nombre de soupapes qui ne laissent circuler l'air ou la vapeur que dans un sens. Dans l'intérieur de leur circonférence sont des poids disposés de manière à fermer exactement le passage, sans cependant qu'ils cessent de pouvoir se mouvoir avec facilité. La vapeur, dans ces machines, dès qu'elle est introduite entre les poids et les soupapes, agissant également sur les deux pièces, fait lever le poids d'un côté de la roue, et par sa réaction successive sur les soupapes donne à la roue un mouvement de rotation, les soupapes ne s'ouvrent que dans le sens de la pression du poids. La roue, tout en tournant, reçoit de la chaudière la vapeur nécessaire, qui, après avoir fait ses fonctions, ou se condense dans un condenseur, ou bien s'échappe dans l'air.

Sixièmement. Je propose, dans certaines occasions, d'employer *un degré de froid qui, sans être tel qu'il ramène la*

vapeur à l'état liquide, la contractera assez pour que le jeu de la machine ne soit produit que par la dilatation et la contraction alternative de la vapeur.

Septièmement. Et enfin, au lieu d'eau pour empêcher le piston et autres parties de la machine de livrer passage à l'air ou à la vapeur, j'emploie *de l'huile, de la cire, du suif, des matières résineuses, du mercure et autres métaux à l'état liquide.*

NOTE III.

ACTE DE NOTORIÉTÉ DE L'EXPÉRIENCE FAITE A LYON PAR LE MARQUIS DE JOUFFROY EN JUILLET 1783.

Par-devant les conseillers du roi, notaires à Lyon, soussignés, furent présents maître Laurent Basset, chevalier, ancien conseiller en la cour des monnaies, sénéchaussée et présidial de Lyon, lieutenant général de police de ladite ville; M. l'abbé Monges, chevalier, historiographe de la ville de Lyon, de l'Académie des sciences de ladite ville; M. Antoine-François de Landine, avocat en parlement, de l'Académie des sciences de Lyon, correspondant de l'Académie des inscriptions et belles-lettres de Paris, associé de celles de Dijon et Villefranche; M. Charles-Joseph Mathon, chevalier, seigneur de Lacour et autres lieux, des Académies de Lyon et Villefranche; M. Claude-Antoine Roux, professeur d'éloquence, ci-devant professeur de physique et de mathématiques au collège Royal-Dauphin de Grenoble, de l'Académie des sciences de Lyon, etc ; M. Gabriel-Étienne Lecamus, avocat en parlement, des Académies de Lyon et Dijon, correspondant de la Société royale de Montpellier, et receveur des gabelles à Lyon; maître Jean-Baptiste Salicis, curé de la paroisse de Vaize, un des faubourgs de cette ville; et M. Jean-Baptiste Salicis neveu, vicaire de ladite paroisse; tous demeurant à Lyon;

Lesquels ont certifié et attesté que M. Claude-François-Dorothée, comte de Jouffroy d'Abbans, les ayant invités, le 15 du mois de juillet dernier, à être présents à l'essai qu'il se proposait, de faire remonter un bateau long de 130 pieds, de 14 de largeur, tirant trois pieds d'eau, ce qui suppose un poids de 327,000 livres, contre le cours d'eau de la Saône, qui pour lors était au-dessus des moyennes eaux, M. de Jouffroy remonta en effet, sans le secours d'aucune force animale, et par l'effet seul de la pompe à feu, pendant un quart d'heure environ; après quoi M. de Jouffroy mit fin à son expérience. De laquelle attestation les sieurs comparants ont requis le présent acte, qui leur a été octroyé par lesdits notaires, pour servir et valoir ce que de raison.

Fait et passé à Lyon, en l'étude, l'an 1783, le 19 août, avant midi, et ont signé sur la minute, contrôlée, restée au pouvoir de maître Barond, un des notaires soussignés.

DEVILLIERS et BAROND, notaires.

FIN DU TOME TROISIÈME.

